GESAMMELTE POPULARE VORTRÄGE AUS DEM GEBIETE DER...

Ernst Heinrich Philipp August Haeckel



GESAMMELTE

POPULÄRE VORTRÄGE

AUS DEM GEBIETE DER

ENTWICKELUNGSLEHRE.

VON

ERNST HAECKEL.

ERSTES HEFT.

MIT 50 HOLZSCHNITTEN UND EINER TAFEL IN FARBENDRUCK.

SEINEM LIEBEN FREUNDE

HERMANN ALLMERS,

DEM TREUEN WANDERGEFÄHRTEN IN NEAPEL UND SICILIEN,

WIDMET DIESE BLÄTTER

FREUNDSCHAFTLICHST

DER VERFASSER.

Inhalt des ersten Heftes.

Vorwort.

Wiederholt bin ich von verschiedenen Seiten aufgefordert worden, die populären Vorträge aus dem Gebiete der Entwickelungslehre, die ich im Laufe der letzten fünfzehn Jahre gehalten habe, und die an verschiedenen, zum Theil wenig zugänglichen Orten zerstreut sind, in einer Sammlung zu vereinigen. Diesem Wunsche jetzt nachzukommen bestimmte mich ein directer Antrag des Herrn Verlegers, der sich bereit erklärte durch Zugabe einer grösseren Anzahl von Abbildungen das Verständniss namentlich derjenigen Vorträge zu erleichtern, die bei ihrem ersten Erscheinen theils gar nicht, theils ungenügend illustrirt waren.

Die „gesammelten populären Vorträge" sollen in zwanglosen Heften erscheinen, deren jedes ungefähr fünf Vorträge umfassen wird. Das gemeinsame innere Band derselben ist der monistische Grundgedanke der einheitlichen Entwickelung und der mechanischen Causalität in der gesammten Natur. Es ist derselbe oberste Grundgedanke der modernen Naturwissenschaft, auf dem das Gesetz von der „Erhaltung der Kraft" beruht, derselbe, den schon Kant als unentbehrlich für jede wahre Erklärung der Erscheinungen bezeichnete, derselbe, dem Goethe so oft den bewunderungswürdigsten Ausdruck gab, den Lamarck 1809 seinem Transformismus zu Grunde legte, und den Darwin 1859 durch seine Selections-Theorie in der gesammten Biologie zur Geltung brachte. Wie dieser monistische Grundgedanke in verschiedenen Gebieten der Wissenschaft seine Anwendung findet, davon sollen diese gesammelten Vorträge in gemeinverständlicher Form vor gebildeten Laien Zeugniss ablegen. Da dieselben meist unabhängig von einander in verschiedenen Zeiten entstanden sind und ohne gegenseitige Rücksicht

bei verschiedenen Gelegenheiten gehalten wurden, so waren mehrfache Wiederholungen nicht zu vermeiden.

Obwohl es der ganzen Sammlung zu Statten gekommen wäre, diese Wiederholungen zu entfernen, so wäre dies doch ohne gänzliche Umarbeitung einzelner Vorträge unthunlich gewesen. Auch liegt gerade ein Theil des Interesses, das in befreundeten Kreisen den Wunsch zur Herausgabe der Sammlung entstehen liess, in der bestimmten Form und Fassung, welche die Entwickelungs-Lehre, selbst sich entwickelnd, in meinen früheren Vorträgen zu verschiedenen Zeiten erhalten hatte. Ich habe es daher für das Richtigste gehalten, die Vorträge unverändert in ihrer ursprünglichen Fassung hier zum Abdruck zu bringen. Nur an einzelnen Stellen habe ich auffallende Irrthümer beseitigt und neue Anmerkungen hinzugefügt. Ausserdem habe ich natürlich von jenen Vorträgen, die in mehreren Auflagen erschienen sind (wie der 2., 3. und 4. dieses Heftes), die letzte, verbesserte Auflage für den Abdruck gewählt. Wer sich näher über die behandelten Fragen unterrichten will, findet Auskunft in Darwin's Gesammelten Werken (Deutsche Uebersetzung von Victor Carus; Stuttgart, E. Koch), im „Kosmos" (Zeitschrift für einheitliche Weltanschauung auf Grund der Entwickelungslehre; Leipzig, Karl Albert); in Carus Sterne's „Werden und Vergehen" (Eine Entwickelungsgeschichte des Naturganzen, in gemeinverständlicher Fassung, Berlin 1876, Eggers), sowie in meinen grösseren populären Schriften (Natürliche Schöpfungsgeschichte, VI. Aufl.; und Anthropogenie, III. Aufl.).

Von den fünf Vorträgen dieses ersten Heftes ist der erste: „Ueber die Entwickelungs-Theorie Darwins", am 19. September 1863 in der ersten öffentlichen Sitzung der 38sten Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Stettin gehalten, und bisher nur in dem „Amtlichen Bericht" über die letztere gedruckt worden. Da mir die Correctur dieses Berichtes nicht zugesandt wurde, war ich leider nicht im Stande, die zahlreichen und groben Druckfehler desselben zu verbessern. Es war mir daher sehr erwünscht, hier eine passende Gelegenheit zum Abdruck dieses Vortrages zu finden, um so mehr, als darin zum ersten Male die heutige Entwickelungslehre

vor einer Versammlung deutscher Naturforscher zur Sprache gebracht wurde — ein keineswegs leichter und gefahrloser, aber auch nicht erfolgloser Versuch, wie ich im Vorwort zur vierten Auflage der „Natürlichen Schöpfungsgeschichte“ berichtet habe.

Die drei folgenden Vorträge (II. III. IV.) sind zuerst in der von Virchow und Holtzendorff herausgegebenen „Sammlung gemeinverständlicher wissenschaftlicher Vorträge“ erschienen (Heft 52 und 53 der dritten Serie, Heft 78 der vierten Serie). Die beiden zusammenhängenden Vorträge: „Ueber die Entstehung des Menschengeschlechts“ (II.) und „Ueber den Stammbaum des Menschengeschlechts“ (III.) erschienen in erster Auflage 1868, in dritter Auflage 1873. Sie wurden aber schon wesentlich in derselben Form im October und November 1865 in einem kleineren Privatkreise zu Jena gehalten, und zwar auf besondere Veranlassung meines verstorbenen Freundes August Schleicher. Dieser berühmte vergleichende Sprachforscher, den ein allzu früher Tod, 1868, der Wissenschaft und seinen Freunden entriss, hegte für die monistische Entwickelungslehre das lebhafteste Interesse und wendete sie selbst mit grösstem Erfolge auf das Gebiet der vergleichenden Linguistik an. In Folge unserer vielfachen Gespräche darüber, und aus unmittelbarer Veranlassung der vielfachen Angriffe, die mir jener erste Vortrag in Stettin zugezogen hatte, richtete er an mich ein offenes Sendschreiben über „die Darwinsche Theorie und die Sprachwissenschaft“ (Weimar 1863), in welchem die Leser dieser Sammlung willkommene Aufklärung über die linguistische Seite unserer Lehre finden werden. Ausserdem aber regte mich Schleicher besonders an, die anthropologische Seite der Descendenz-Theorie zu verfolgen, und so entstanden 1865 die beiden Vorträge über die Entstehung und den Stammbaum des Menschengeschlechts, die als erste Vorläufer der „Anthropogenie“ zu betrachten sind.

Der vierte Vortrag, „über Arbeitstheilung in Natur- und Menschenleben“, wurde am 17. December 1868 vor einem gemischten Auditorium im Saale des Berliner Handwerker-Vereins gehalten, und erschien 1869 als 78. Heft der Virchow-Holtzendorff'schen Sammlung. Eine zweite (oder dritte?)

Auflage erschien 1873 (auf dem Titel als solche nicht bezeichnet). Die Holzschnitte desselben wurden in dem gegenwärtigen Abdruck durch bessere ersetzt und durch neue vermehrt.

Der fünfte Vortrag endlich, über „Zellseelen und Seelenzellen“, wurde am 22. März 1878 in der „Concordia“-Gesellschaft zu Wien gehalten, und erschien im Juli d. J. in der „Deutschen Rundschau“ (Heft 10 des vierten Jahrganges); jedoch ohne die Holzschnitte, welche denselben im vorliegenden Abdruck illustriren. Obwohl durch einen Zwischenraum von zehn Jahren von dem vorhergehenden vierten Vortrage getrennt, steht er dennoch zu letzterem in naher innerer Beziehung und wiederholt auch einzelne Ausführungen und Figuren desselben. Einerseits findet das bedeutungsvolle Princip der „Arbeitstheilung“ auch im Seelenleben der Thiere und Menschen die ausgedehnteste Anwendung und erhellt die dunklen Mysterien des „Geistes“. Anderseits sind die „Seelenzellen“ wesentlich durch Arbeitstheilung aus Zellen hervorgegangen, die mit einer gewöhnlichen „Zellseele“ begabt waren; sie erläutern mithin selbst in vorzüglicher Weise den physiologischen Process der Arbeitstheilung. Absichtlich ist daher in beiden Vorträgen besonders auf die Siphonophoren Bezug genommen, jene höchst interessante und lehrreiche, aber wenig bekannte Klasse von Seethieren, von deren wunderbarer Erscheinung das Titelbild dieses Heftes ein Beispiel giebt. Die ausserordentliche Bedeutung der Siphonophoren für die richtige Auffassung des Seelenlebens ist zwar weniger gewürdigt, aber nicht geringer, als ihr hoher Werth für das klare Verständniss der Arbeitstheilung.

Mögen diese gesammelten populären Vorträge dazu beitragen, das Verständniss unserer heutigen Entwickelungslehre namentlich in solchen Kreisen zu fördern, die zwar der Naturwissenschaft ferner stehen, aber von dem Bedürfniss einer klaren, einheitlichen Weltanschauung durchdrungen sind!

Jena, den 12. October 1878.

Ernst Haeckel.

Ueber die Entwickelungstheorie Darwin's.

Vortrag
gehalten am 19. September 1863
in der ersten allgemeinen Sitzung der 38. Versammlung
Deutscher Naturforscher und Aerzte zu Stettin.

„Freue Dich, höchstes Geschöpf der Natur, Du fühlest Dich fähig
Ihr den höchsten Gedanken, zu dem sie schaffend sich aufschwang,
Nachzudenken. Hier stehe nun still und wende die Blicke
Rückwärts; prüfe, vergleiche, und nimm vom Munde der Muse,
Dass Du schauest, nicht schwärmst, die liebliche volle Gewissheit.“

Goethe.

Hochgeehrte Versammlung!

Wenn ich in Folgendem versuche, Ihnen die Grundzüge der berühmten Entwickelungs-Theorie Darwin's zu erörtern, so unternehme ich diesen Versuch nicht ohne grosse Bedenken, und nicht, ohne Sie für das vielfach Unbefriedigende dieser Darstellung um Nachsicht zu bitten; denn vor einem aus Laien und aus Männern der Wissenschaft so gemischten Auditorium wie das gegenwärtige hat jede populäre Behandlung einer vielumfassenden wissenschaftlichen Hypothese sehr viel Missliches und Schwieriges, und kann immer nur einen Theil der Zuhörer befriedigen. In ganz besonderem Grade muss dies aber von der gegenwärtigen Lehre gelten, welche einestheils ein ganzes grosses wissenschaftliches Lehrgebäude, das sich Jahrhunderte lang fast allgemeiner Anerkennung erfreute, und noch erfreut, in seinen Grundlagen zu erschüttern droht, anderentheils aber in die persönlichen, wissenschaftlichen und socialen Ansichten jedes Einzelnen auf das Tiefste einzugreifen scheint. Dass es sich wirklich um eine solche, die ganze Weltanschauung modificirende Erkenntniss handelt, werden diejenigen von Ihnen, die noch nicht mit dem Inhalte der Darwin'schen Schöpfungsgeschichte bekannt sein sollten, sofort einsehen, wenn sie den Grundgedanken derselben in folgenden Worten zusammengefasst hören: „Alle verschiedenen Thiere und Pflanzen, die heute noch leben, sowie alle Organismen, die überhaupt jemals auf der Erde gelebt haben, sind nicht, wie wir anzunehmen von früher Jugend gewohnt sind, jedes für sich, in seiner Art selbstständig erschaffen worden, sondern haben sich trotz ihrer ausserordentlichen Mannigfaltigkeit und Verschiedenheit im Laufe vieler Millionen Jahre aus einigen wenigen, vielleicht sogar aus einer einzigen Stammform, einem höchst einfachen Urorganismus, allmählich entwickelt.“ Was uns Menschen selbst betrifft, so

hätten wir also consequenter Weise, als die höchst organisirten Wirbelthiere, unsere uralten gemeinsamen Vorfahren in affenähnlichen Säugethieren, weiterhin in känguruhartigen Beutelthieren, noch weiter hinauf in der sogenannten Secundärperiode in eidechsenartigen Reptilien, und endlich in noch früherer Zeit, in der Primärperiode, in niedrig organisirten Fischen zu suchen.

In der knappen Frist einer kurzen Stunde Ihnen aus dem Zeughause der Naturwissenschaft auch nur die wichtigsten und schlagendsten Beweisapparate vorzuführen, die sich für und gegen diese kühne Hypothese ins Feld schicken lassen, ist natürlich nicht möglich. Um diese richtig zu würdigen und anwenden zu können, bedarf es jahrelanger vertrauter Beschäftigung mit dem Bau und den Lebenserscheinungen, mit der Verwandtschaft und der Geschichte der Organismen. Wenn ich trotzdem, dieser und vieler anderer Bedenken ungeachtet, Sie in den Kampf, der durch die Darwin'sche Entwickelungs-Theorie entbrannt ist, hineinzuführen versuche, so geschieht es hauptsächlich wegen der grossartigen Dimensionen, die dieser Kampf bereits angenommen hat. Bereits ist das ganze grosse Heerlager der Zoologen und Botaniker, der Palaeontologen und Geologen, der Physiologen und Philosophen in zwei schroff gegenüberstehende Parteien gespalten: auf der Fahne der progressiven Darwinisten stehen die Worte: „Entwickelung und Fortschritt!" Aus dem Lager der conservativen Gegner Darwin's tönt der Ruf: „Schöpfung und Species!" Täglich wächst die Kluft, die beide Parteien trennt, täglich werden neue Waffen für und wider von allen Seiten herbeigeschleppt; täglich werden weitere Kreise von der gewaltigen Bewegung ergriffen; auch Fernstehende werden in ihren Strudel hineingezogen, und wohl oder übel muss auch Derjenige, der gern über den Parteien stehen möchte, doch mehr der einen oder mehr der anderen seine Gunst zuwenden. Schon zählt die Darwin'sche Theorie, die anfangs als eine vorübergehende naturphilosophische Träumerei verspottet wurde, viele der bedeutendsten Naturforscher zu ihren Anhängern, namentlich in England, wo ich nur drei der hervorragendsten Koryphäen, den Zoologen Huxley, den Botaniker Hooker und den Geologen Lyell, namhaft machen will;

letzterer jetzt ebenso entschiedener Anhänger, als er früher Gegner Darwin's war. Unter diesen Umständen scheint mir das Bestreben jener Naturforscher nicht zu billigen, welche auch jetzt noch die ganze Frage todtschweigen oder ersticken wollen, oder welche in esoterischem Priester-Bewusstsein meinen, dass solche häuslichen Zwiste nicht vor ein gemischtes Publikum gehören, sondern innerhalb der Special-Gebiete und in der Abgeschiedenheit rein wissenschaftlicher Zeitschriften ausgefochten werden müssten. Wenn eine derartige Bewegung bereits solchen Umfang angenommen hat, wenn der Kampf um die Wahrheit bereits so heftig entbrannt ist, so scheint es doch wohl dem Interesse beider Parteien weit angemessener, das Streitobject offen und klar vor Aller Augen darzulegen, und auch dem Fernerstehenden, der doch hier oder dort davon hören wird, einen freien Einblick in den Stand der Parteien und das Wesen der Bewegung zu gestatten.

Vergleichen wir nun zunächst unsere neue Entwickelungs-Theorie mit den früher aufgestellten Schöpfungsgeschichten, so finden wir, dass der Grundgedanke Darwin's keineswegs neu ist; vielmehr ist derselbe schon von mehreren Naturphilosophen nicht nur in unserem Jahrhundert, sondern auch schon in sehr viel früherer Zeit in verschiedener Weise formulirt worden; neu sind aber die Beweise und Gründe, welche Darwin dafür entdeckt hat, und neu die einheitliche, dem Standpunkte der jetzigen Naturforschung entsprechende Durchführung der Hypothese. Wenn wir alle früheren Schöpfungs-Theorieen zusammenstellen, so können wir sie sammt und sonders in zwei entgegengesetzte Reihen ordnen: die eine Reihe der Kosmogonieen behauptet mit der Mosaischen Schöpfungsgeschichte, dass alle Arten von lebenden Wesen selbstständig, jede für sich, durch den Willen eines allmächtigen Schöpfers in das Dasein gerufen worden seien; die andere, dass sie sämmtlich Zweige eines einzigen Stammes und Produkte eines und desselben beständig wirkenden Naturgesetzes der fortschreitenden Entwickelung seien. Eine ganze Reihe vollkommen entgegengesetzter Anschauungen ist untrennbar und in höchst charakteristischer Weise mit jenen beiden Grundideen verknüpft. In durchaus entgegengesetzter Weise hat jede der beiden Richtungen die

ungeheuren Fortschritte und Errungenschaften, welche die Naturwissenschaft im letzten Jahrhundert gemacht, verwerthet, und für den Ausbau ihres Systems benutzt. Von diesen Fortschritten wollen wir zunächst für unseren Zweck einen Augenblick diejenigen ins Auge fassen, welche die Geologie, die Lehre vom Bau und der Entstehung des Erdballs, betreffen.

Nach der allgemein gültigen Annahme war die Erde in sehr früher Zeit eine feurig flüssige Kugel, deren Oberfläche durch Abkühlung im kälteren Weltenraum erhärtete. Die heissen Dämpfe schlugen sich, nachdem die Temperatur bis auf einen gewissen Grad gesunken war, in Form von Wasser nieder, und hiermit war die erste Möglichkeit für die Existenz lebender Wesen auf der abgekühlten und erhärteten Erdrinde hergestellt. Die Geschöpfe, welche in jener frühen, weit zurückgelegenen Zeit, vor vielen, vielen Millionen Jahren die Erde zu bevölkern begannen, standen auf einer viel tieferen Organisationsstufe, als die grosse Mehrzahl der jetzt lebenden; von vielen grösseren Abtheilungen des Thier- und Pflanzenreichs waren lange Zeit hindurch noch gar keine, von anderen nur die einfachsten und unvollkommensten Repräsentanten vorhanden. Im Verlaufe der unermesslichen Zeiträume, welche seitdem verflossen, entwickeln sich nach einander ganze Reihen von Schöpfungen, welche allmählich und stufenweise in immer gesteigerter Vollkommenheit und Mannigfaltigkeit der Fauna und Flora der Jetztwelt sich nähern. Die schichtenweise aus dem Wasser abgesetzten Felsmassen, welche die ursprünglich nackte Rinde der erkalteten Erdkugel umhüllen, belehren uns, dass die Oberfläche derselben im Laufe dieser langen Perioden noch sehr mannigfache Veränderungen zu durchlaufen hatte und namentlich vielfach wechselnden Hebungen und Senkungen unterworfen war. In Folge vulkanischer und meteorologischer Einflüsse wurde die Erdrinde mehr und mehr zerklüftet, und bald der eine, bald der andere Theil derselben unter das Wasser versenkt und dann wieder über das Wasser erhoben. Staub und Geröll, die abgeriebenen und zerbröckelten, durch Wetter und Wasser zerstörten Bruchstücke der Gesteine sammelten sich in Form von Schlamm und Sand schichtenweise auf dem Boden der Gewässer an und schlossen zwischen sich die Ueberreste der gestorbenen Organismen ein.

Diese höchst wichtigen fossilen Reste, die Versteinerungen und Abdrücke der Thiere und Pflanzen, sind es, welche uns über die Geschichte der Erde, über die Reihenfolge und Beschaffenheit der auf ihr erschienenen Lebewesen die wichtigsten Aufschlüsse liefern. Doch ist die Reihenfolge, in welcher dieselben nacheinander auftreten, und die Abgrenzung der vielen über einander gelagerten Gesteinsschichten, in denen sie aufbewahrt sind, in sehr verschiedener Weise gedeutet worden. Dem Vorgange von Cuvier und anderen Naturforschern ersten Ranges folgend, nahm man gegen Ende des vorigen Jahrhunderts und bis in die vierziger Jahre des gegenwärtigen fast allgemein an, dass eine Reihe von völlig getrennten Erdperioden auf einander gefolgt sei, deren jede ihre eigene lebende Bevölkerung besessen habe. Durch grosse gewaltsame Revolutionen unbekannten Ursprungs sei von Zeit zu Zeit die Oberfläche des Erdballs dergestalt umgeändert worden, dass dabei die jedesmalige Lebewelt ganz oder grösstentheils zu Grunde gegangen sei. Jede nach einer solchen Umwälzung neu auftretende Gruppe von Thieren und Pflanzen müsse daher einem besonderen Schöpfungsakte ihre Entstehung verdanken. Mit dieser Ansicht, dass die Thier- und Pflanzenwelt einer jeden Schöpfungs-Periode selbstständig und unabhängig von der vorhergehenden geschaffen sei, ist auf's Innigste eine zweite, sehr einflussreiche Anschauung verbunden, welche von Linné aufgestellt und von Cuvier besonders ausgeführt wurde, dass nämlich alle Individuen von Thieren und Pflanzen, denen wir in der Natur begegnen, sich gruppenweise unter dem Begriffe der Art zusammenfassen lassen. Was ist eine Art oder Species? Kein Naturforscher hat bis jetzt eine wohl begründete und befriedigende Definition davon zu geben vermocht. Nach der Anschauung der Meisten gehören zu einer Art oder Species alle diejenigen Einzelwesen, wie z. B. alle Pferde, alle Apfelbäume, welche entweder erwiesener Massen von einem einzigen Elternpaare abstammen, oder aber (da sich dies gewöhnlich nicht beweisen lässt) in allen wesentlichen Eigenschaften übereinstimmen und nur in untergeordneten Beziehungen sich unterscheiden. Jede Art kann zwar innerhalb gewisser Grenzen veränderlich erscheinen, variiren, wie z. B. in der Species Pferd sich eine Menge verschie-

dener Pferde-Rassen, in der Species Apfelbaum eine Reihe von Apfel-Spielarten unterscheiden lassen; allein alle diese Rassen, Spielarten und Varietäten einer Art sollen niemals durch so wesentliche Merkmale von einander geschieden sein, wie es nahe verwandte Arten einer Gattung sind; z. B. Pferd und Esel, oder Apfel- und Birnbaum. Andererseits kann man zwar, indem man gewisse nähere und entferntere Aehnlichkeiten und übereinstimmende Merkmale berücksichtigt, mehrere Arten in eine Gattung, viele Gattungen in eine sogenannte Familie zusammenfassen und die verwandten Familien in eine Klasse zusammenstellen. Aber diese allgemeinen Begriffe werden als willkürlich festgestellte angesehen und über Inhalt und Umfang derselben herrscht viel Streit, wogegen der Begriff der Art ein ganz bestimmter, in der Natur selbst begründeter sein soll. „Es gibt so viel Arten," sagt Linné, „als der göttliche Geist im Anfang lebende Wesen erschaffen hat." Oder, wie Agassiz sich ausdrückt: „Jede Art ist ein verkörperter Schöpfungsgedanke." Mit dieser Auffassung, mit dem Dogma von der Constanz der Species, stellt man sich auf den Boden der theologischen Kosmogonieen und betrachtet jede Art als eine selbstständige, von allen übrigen Arten unabhängige Einheit, die mit den für ihre besondere Lebensweise passenden Eigenschaften und Trieben vom Schöpfer speciell ausgestattet ist.

Ganz anders fassen die Anhänger der philosophischen Entwickelungs-Theorieen diese Verhältnisse auf. Nach ihrer Ansicht sind die verschiedenen Perioden, welche die Anderen als scharf getrennte Abschnitte der Erdgeschichte unterscheiden, keineswegs durch bestimmte Grenzen von einander geschieden, sondern gehen ebenso zusammenhängend in einander über, wie die Perioden, die man in der Geschichte der Menschheit annimmt. Wie hier, so trägt auch dort jede Periode ihren eigenen Charakter; niemals aber sind zwei auf einander folgende Abschnitte etwa durch eine gewaltsame allgemeine Umwälzung getrennt, welche die bestehende Lebewelt vernichtete, und eine neue Schöpfung im Beginne der neuen Periode erforderlich machte. Vielmehr ist stets ein unmittelbarer Zusammenhang vorhanden, und ein mehr oder weniger grosser Bruchtheil der lebenden Bevölkerung geht aus jeder älteren Periode un-

verändert in die nächst jüngere mit hinüber, mag deren Schichtenfolge auch noch so scharf abgeschlossen erscheinen. Die neuen Thiere und Pflanzen aber, die in den jüngeren Schichten plötzlich aufzutreten scheinen, sind mit gewissen anderen in der vorhergehenden Schicht so nahe verwandt, in einer gewissen Hinsicht ihnen so ähnlich, dass die Annahme gerechtfertigt ist, sie möchten von jenen direct oder indirect abstammen, und nur modificirte, den veränderten Lebensbedingungen angepasste Abarten oder Varietäten jener früheren Arten darstellen. Ihren Abschluss erreicht diese Idee in der consequenten Annahme, dass alle Organismen einer Erdperiode von denen der vorhergehenden, mithin auch alle Lebewesen der Jetzwelt von denen der Vorwelt abstammen, durch wirkliche genealogische Blutsverwandtschaft mit allen früher jemals auf der Erde vorhanden gewesenen Thieren und Pflanzen verbunden sind. Die Thatsache aber, dass uns die Entwickelungsgeschichte der Erde eine beständige ununterbrochene Vervollkommnung ihrer Bevölkerung, eine continuirliche Zunahme der Organismen-Arten an Zahl, Mannigfaltigkeit und Ausbildung nachweist, sowie eine Reihe von anderen geologischen Thatsachen, deren Erörterung uns hier zu weit führen würde, zwingen uns zu der Annahme, dass alle diese verschiedenen Arten sich aus einigen wenigen, ja vielleicht aus einer einzigen ursprünglichen Stammform auf dem Wege natürlicher Abstammung, verbunden mit fortwährender Vervollkommnung, entwickelt haben. Das ganze natürliche System der Pflanzen und Thiere erscheint von diesem Gesichtspunkte aus als ein grosser Stammbaum, und lässt sich wie jede genealogische Tabelle, am anschaulichsten unter dem Bilde eines weit verzweigten Baumes darstellen, dessen ganz einfache Wurzel in der fernsten Vergangenheit verborgen liegt. Die vielen tausend grünen Blättchen des Baumes, die die jüngeren, frischeren Zweige bedecken und in ungleicher Höhe und Breite von dem Hauptstamm abstehen, entsprechen den jetzt noch fortlebenden Thier- und Pflanzen-Arten, die um so vollkommener sind, je weiter sie sich vom Urstamm entfernt haben. Die welken, verdorrten Blättchen dagegen, die sich an den älteren abgestorbenen Aesten vorfinden, stellen die vielen erloschenen und ausgestorbenen Arten dar, welche in früheren Perioden die

Erdrinde bevölkerten und um so mehr der ursprünglichen einfachen Stammform gleichen, je weiter sie zurückliegen. Keine Art, auch nicht mit Ausnahme der ersten, ist also selbstständig erschaffen worden; vielmehr sind sie alle im Verlaufe unermesslicher Zeiträume aus einigen wenigen oder einer einzigen, einfachsten, spontan entstandenen Urform hervorgegangen, welche einem zwar langsamen und allmählichen, aber ununterbrochen wirkenden und zu höherer Vervollkommnung hindrängenden Entwickelungsgesetze unterworfen war. Der Begriff der Art ist dann ebenso veränderlich und willkürlich gefasst, ebenso wenig absolut abgeschlossen, als die allgemeineren, höheren Begriffe der Gattung, Familie und Klasse. Neue Arten können aus bestehenden Arten hervorgehen.

Schon im Anfange dieses Jahrhunderts tauchte diese auf den ersten Blick so abenteuerlich erscheinende Idee in mehreren hervorragenden Köpfen gleichzeitig auf; und während Cuvier noch sein System ausbaute, erstand ihm bereits ein Gegner, welcher die Stützen desselben an der Wurzel zu zerstören drohte. Es war dies der berühmte französische Naturforscher Lamarck, welcher schon 1809 in seiner ausgezeichneten „Zoologie philosophique" eine vollständig durchdachte Theorie von der Entstehung der Pflanzen- und Thier-Arten durch allmähliche Abänderung einiger wenigen, spontan entstandenen Urformen veröffentlichte. An ihn schloss sich dann die Schule der Naturphilosophen an, als deren bedeutendste Koryphäen in Frankreich Geoffroy St. Hilaire, in Deutschland Oken gelten müssen. Mit prophetischem Gedankenfluge eilten diese tief denkenden Männer ihrem Zeitalter voraus und stellten wesentlich dieselben Ansichten über die wirkliche Blutsverwandtschaft der Organismen auf, deren wissenschaftliche Begründung durch Thatsachen erst Darwin und seinen Nachfolgern in den vier letztverflossenen Jahren vorbehalten blieb. Da jenen damals das empirische Material, besonders bezüglich der embryologischen und palaeontologischen Entwickelung der Organismen, welche wir heute verhältnissmässig genau kennen, grösstentheils mangelte, so war es nicht zu verwundern, dass sie vielfach über die Grenzen der empirischen Forschung frei hinausstreiften, und dadurch ihren streng exacten Gegnern, Cuvier und seinen Schü-

lern, viele und schwache Angriffspunkte darboten. Seine Höhe erreichte der mit vielem Aufwand von Scharfsinn geführte Kampf zwischen den beiden entgegengesetzten Richtungen in einer heftigen Discussion, welche am 22. Februar 1830 in einer öffentlichen Sitzung der französischen Akademie zwischen Geoffroy St. Hilaire und Cuvier ausbrach und dem letzteren auf drei Decennien hinaus den Sieg verschaffte. Dieser merkwürdige Conflict ist von Goethe, der die naturphilosophischen Bestrebungen seiner Zeit mit so lebhaftem Interesse noch im spätesten Alter verfolgte und entschieden für Geoffroy und gegen Cuvier Partei nahm, in einem seiner letzten Aufsätze, wenige Tage vor seinem Tode, in höchst treffender und geistreicher Weise geschildert und beurtheilt worden.

Dreissig Jahre hindurch blieb seitdem die streng innerhalb der Grenzen empirischer Forschung gehaltene Ideen-Richtung von Cuvier herrschend, bis diese 1859 in ihrem Fundamente erschüttert wurde durch das Epoche machende Werk von Charles Darwin: „Ueber die Entstehung der Arten im Thier- und Pflanzenreich durch natürliche Züchtung", oder Erhaltung der vervollkommneten Rassen im Kampfe um das Dasein. Das wesentlich Neue und Wirksame der Darwinschen Lehre liegt darin, dass die richtigen, aber mit vielen Irrthümern vermischten Entwickelungstheorieen der früheren Naturphilosophen von diesen irrigen Bestandtheilen gereinigt, ausserdem aber mit thatsächlichen Beweisgründen belegt werden, welche zum Theil durchaus neu und eigenthümlich, zum Theil aber den gegnerischen Ausführungen von Cuvier selbst entlehnt sind. Geoffroy und die anderen Naturphilosophen leiteten die vielfältigen Aehnlichkeiten und Beziehungen, die der Körperbau der Organismen uns darbietet, von einem gemeinsamen Bauplane ab, welcher der Organisation Aller zu Grunde liege. Die Verschiedenheiten, welche neben dieser Aehnlichkeit einhergehen, sollten sich im Verlaufe der Fortpflanzung entwickeln, indem einzelne Organe stufenweis ausgebildet, andere entsprechend zurückgebildet würden. Diese Ableitung der Aehnlichkeiten oder Homologieen aus dem Princip gemeinsamer Abstammung eignet sich Darwin an, vermeidet aber die principielle Einseitigkeit derselben, indem er

in höchst fruchtbarer Weise damit die scheinbar entgegengesetzte Behauptung Cuviers verknüpft, dass jedes Thier und jede Pflanze, unabhängig von einem gemeinsamen Bauplane, seine besondere, seinen Lebensbedingungen angemessene Organisation für sich allein erhalten oder vielmehr erworben habe, dass seine Grösse, Farbe, Gestalt und innere Einrichtung der ihm angewiesenen Lebensweise vom Schöpfer angepasst sei, oder sich selbst vielmehr den äusseren Existenzbedingungen angepasst habe.

Die hohe Wichtigkeit, welche die wirklich vorhandene Uebereinstimmung im Bauplane der Organismen oder die „Unité de composition organique", wie sie Geoffroy nennt, besitzt, wird von Darwin im Gegensatz zu Cuvier im vollsten Masse anerkannt und gewürdigt. Sie wird aber von ihm zugleich in der einfachsten und natürlichsten Weise erklärt, indem er sie auf das tiefer liegende und höchst wichtige Princip der Erblichkeit zurückführt. Die Erblichkeit ist eine allgemeine Eigenschaft aller organisirten Naturkörper, ein allgemeines organisches Naturgesetz, dessen hohe Bedeutung wir gewöhnlich nur deshalb übersehen, weil wir im alltäglichen Leben überall und beständig seine Thätigkeit vor Augen haben und in den Wirkungen derselben selbst befangen sind. Von Kind auf sind wir daran so gewöhnt, dass wir eher die Abweichung von der Erblichkeit, als diese selbst bewundern. Jedes Menschenpaar vererbt bekanntlich auf seine Kinder nicht allein die allgemeinen Eigenschaften des menschlichen Organismus, sondern auch eine gewisse Summe von körperlichen und geistigen Eigenthümlichkeiten, die zum Theil in sehr bestimmter Weise die betreffenden Familien-Mitglieder vor den übrigen Menschen auszeichnen. So sind z. B. in gewissen Familien sechs Finger an jeder Hand erblich vorhanden. Wie ferner die Farbe des Haares und der Augen, der Schnitt der Gesichtsbildung, und andererseits bestimmte geistige Eigenschaften, Temperament, Neigung, Willenskraft sich innerhalb der Familie fortpflanzen, ist so allgemein anerkannt, dass eine weitere Aufzählung von Beispielen hier überflüssig ist. Ebenso allgemein bekannt ist es aber andererseits, dass diese Erblichkeit niemals eine absolute, unbeschränkte, sondern nur eine relative, bedingte ist.

Wie ähnlich auch alle Kinder eines und desselben Menschenpaares unter einander sein mögen, wie sehr ihre körperlichen und geistigen Eigenschaften übereinstimmen, so sind sie dennoch sämmtlich sowohl unter sich, als von ihren Eltern durch gewisse besondere Eigenthümlichkeiten geschieden, die nur diesem einen Individuum gerade zukommen, und die wir deshalb individuelle nennen können. Diese besonderen Eigenheiten sind zum Theil schon im Keime dieses Individuums, im Ei, angelegt, da alle Organismen neben dem Gesetze der Erblichkeit zweitens auch einem allgemeinen Gesetze der Variabilität unterworfen sind, einer Neigung oder Fähigkeit, ihren besonderen Charakter nur in einem gewissen Masse unverändert, in anderen Beziehungen aber mehr oder weniger abgeändert auf ihre Nachkommen zu vererben. Zum Theile werden die individuellen Eigenschaften auch erst während des Lebens von den Individuen erworben, durch Anpassung an die äusseren Lebensbedingungen, und zwar besonders durch das Wechselverhältniss, in welchem jeder Organismus zu allem übrigen, ihn umgebenden steht.

Wie nun die vererbten, von den Eltern überkommenen Eigenschaften, die schon viele Generationen hindurch in der Familie erblich sich erhalten haben, sich auch weiterhin auf die Nachkommen fortpflanzen, so kommt es andererseits auch häufig vor, dass eine individuelle, plötzlich an einem Einzelwesen zum ersten Mal aufgetretene oder erworbene Eigenthümlichkeit sich in gleicher Weise auf dessen Nachkommen überträgt und so einer Reihe von Individuen, einem ganzen Familien-Zweige gemeinsam wird. So ist es z. B. sehr häufig mit gewissen Krankheiten der Fall, namentlich mit besonderen Geistesstörungen. Zunächst tritt immer eine solche Abweichung als Ausnahme von der Erblichkeit auf; dann aber wird sie selbst wieder diesem Gesetze der Vererbung unterworfen. Wenn wir mit Rücksicht hierauf den Stammbaum irgend einer grösseren menschlichen Familie entwerfen wollten, auf welchem neben den Namen eine kurze Charakteristik jeder Person sich befände, so würden wir finden, dass die ursprünglichen Familien-Eigenthümlichkeiten sich mehr und mehr verwischen, je weiter wir von den Urahnen zu den späten Nachkommen herabsteigen. Je grösser die Zahl der letzteren wird, je grösser die Zahl der Zwischen-

Generationen, die sie von den Stammeltern trennt, desto mehr differenziren sie sich, gehen in vieler Hinsicht auseinander, und desto mehr werden die alten erblichen Familienzüge durch neue Besonderheiten verwischt und verdrängt, die theils von jüngeren Voreltern ererbt, theils neu erworben sind. Wir werden an dem Stammbaume gewisse Gruppen und Untergruppen unterscheiden können, welche wir durch strahlenförmige divergirende Verwandtschaftslinien zu verbinden im Stande sind.

Genau dasselbe Verhältniss, welches bei den Menschen die Glieder einer Familie und eines Namens verbindet, findet sich auch im Thier- und Pflanzenreiche allgemein verbreitet vor. Auch hier besitzt jedes Individuum theils Charaktere, welche es von den Eltern ererbt hat, theils solche, welche es selbstständig erworben hat und welche es wieder auf seine Nachkommen vererben kann. Das Princip der Erblichkeit ist auch hier allgemein herrschend und ist u. a. von vielen Naturforschern benutzt worden, um den Begriff der Art, Species, festzustellen; es sollen nämlich nach weit verbreiteter Ansicht zu einer Art alle Individuen, und nur diese gehören, welche von einem gemeinsamen Elternpaare ursprünglich abstammen. Diese Definition wird von Darwin nicht allein angenommen, sondern auch beträchtlich erweitert. Er giebt nämlich nicht nur zu, dass alle Individuen einer jeden Art einen gemeinsamen Stammvater haben, sondern behauptet dasselbe auch von allen Arten einer Gattung und ebenso weiterhin von allen Gattungen einer Familie. Endlich sollen auch alle Familien einer Klasse, z. B. alle Vögel, von einem gemeinsamen Stammvater, der noch viel weiter in der Reihe der Schöpfungsperioden zurückliegt, und zuletzt die einzelnen Urväter aller Klassen von einer gemeinsamen einfachsten Grundform abstammen. Auf Grund desselben Princips der Erblichkeit können aber auch neue Arten fortwährend entstehen. Dass bei vielen Arten gewisse Individuen-Gruppen sich von anderen unterscheiden und oft sehr wesentlich, wird allgemein anerkannt, und dadurch ausgedrückt, dass man dieselben als Rassen, Unterarten und Varietäten unterscheidet. Die Unterschiede zwischen Varietäten einer Art sollen aber niemals so gross sein, als diejenigen zwischen zwei nah verwandten Arten.

Dieser Behauptung widerspricht Darwin; denn wenn einmal eine besonders stark abweichende Varietät oder ein einzelnes monströses Individuum eine gewisse Eigenthümlichkeit so weit ausgebildet hat, dass der Unterschied zwischen ihm und der Stammart grösser ist, als der Abstand zwischen der letzteren und den ihr selbst zunächst verwandten Arten — wenn ferner das betreffende stark abweichende Individuum nun diese besondere Eigenheit auf seine Nachkommen ebenso vererbt — und wenn endlich diese Eigenheit mehrere Generationen hindurch sich unverändert erhält und so befestigt — so ist auf diese Weise aus der Varietät oder Rasse der ursprünglichen alten Art eine selbstständige neue gute Art hervorgebildet. Mehrere Arten können so durch die Wirkung der Erblichkeit aus einer einzigen hervorgehen.

Durch welche Umstände wird nun aber eine so plötzlich aufgetretene neue Art auch wirklich erhalten und unter welchen Bedingungen pflanzt sie sich selbstständig neben der Stammform fort? Diese höchst wichtige Frage in ganz neuer und befriedigender Weise gelöst zu haben, ist Darwin's besonderes Verdienst, und indem wir diese Bedingungen untersuchen, treten wir in den Kernpunkt der Darwin'schen Lehre ein, in die Betrachtung der höchst wichtigen Wechselverhältnisse der Organismen, welche er als „Kampf um das Dasein" und als „natürliche Zuchtwahl" bezeichnet.

Darwin geht hier zunächst aus von der wichtigen Thatsache, dass alle Organismen sich durch Nachkommen fortpflanzen, deren Zahl stets in mehr oder minder rascher Progression wächst. Alle Thiere und Pflanzen ohne Ausnahme streben sich in solchem Grade zu vermehren, dass sie, sich selbst überlassen und vor allen nachtheiligen Einflüssen geschützt, jede für ihr Fortkommen geeignetste Gegend in kurzer Zeit vollständig besetzt und bevölkert haben würden. Bei den Mäusen z. B., welche sich sehr rasch vermehren, würde schon nach wenigen Jahren die Nachkommenschaft eines einzigen Paares die ganze Erdoberfläche eingenommen haben. Aber auch bei dem Elephanten, welcher sich am langsamsten von allen Thieren fortpflanzt, würde schon nach 500 Jahren die Nachkommenschaft eines einzigen Paares die ungeheure Summe von 15 Millionen Individuen betragen.

Und doch ist hierbei nur das Minimum angenommen, dass jedes Elephanten-Paar während seines ganzen Lebens bis zum 90. Jahre nur 6 Junge zur Welt bringt. Unter den niederen Thieren dagegen giebt es, selbst schon unter den Fischen, viele, von denen jedes Individuum jährlich nicht blos 100 und 1000, sondern selbst 100,000 und Millionen von Eiern producirt. In allen Fällen jedoch gelangt nur ein höchst geringer Bruchtheil von diesen Keimen zur Reife, so dass er selbst wieder zur Fortpflanzung und zur Erhaltung der Art beizutragen vermag. Der bei weitem grösste Theil geht schon in früherer Zeit zu Grunde. Der Grund dieser Erscheinung liegt ganz einfach darin, dass nur eine bestimmte Anzahl von Stellen in dem grossen Haushalte der Natur vorhanden ist, dass immer nur eine gewisse Zahl von Organismen auf dem beschränkten Raum unseres Erdballs gleichzeitig existiren kann. Man mag auf einen Acker von bestimmter Grösse noch so viele Samen von einer einzigen oder von mehreren verschiedenen Pflanzen-Arten ausstreuen; immer wird nur ein Bruchtheil derselben zum Keimen kommen. Von diesen Keimlingen wird selbst wieder nur ein kleiner Theil zur Blüthe und ein noch kleinerer Theil zur Fruchtbildung gelangen. Der grösste Theil der massenhaft ausgestreuten Samen wird von Vögeln und anderen Thieren verzehrt. Auf den jungen Keimling, der sich über die Erde emporgearbeitet hat, lauern tausend Gefahren, um so mehr und um so grössere, je jünger die zarten Keimpflanzen noch sind. Ein grosser Theil derselben geht während des Emporwachsens dadurch zu Grunde, dass er von anderen seines Gleichen überwachsen, verdrängt, zum Verkümmern gebracht wird. Um den Bodenraum für die Wurzel, um Feuchtigkeit, Licht und Wärme findet zwischen allen benachbarten Individuen ein beständiges Ringen, ein Kampf statt, in welchem die schwächeren unterliegen.

Ganz dasselbe Verhältniss bietet uns der Naturhaushalt im Grossen und Ganzen dar. Auch hier kann immer nur eine bestimmte Anzahl von lebenden Wesen sich vollständig zur Reife entwickeln, während der bei weitem grösste Theil früher zu Grunde geht. In den meisten Fällen ist das Ringen um die Existenz sehr complicirt und meistens sind eine ganze Anzahl von verschiedenen, an demselben Orte lebenden Thier-

und Pflanzen-Arten durch ein gegenseitiges Wechselverhältniss verkettet, das uns gewöhnlich nur höchst unvollkommen bekannt ist. So z. B. sind Fleisch fressende Raubthiere auf die Existenz gewisser Pflanzen von grösstem Einfluss, indem die Insecten fressenden Thiere, welche hauptsächlich jenen Raubthieren zur Nahrung dienen, besonders gewisse Raubkäfer lieben, diese aber hauptsächlich von gewissen anderen Insecten leben, die auf bestimmte Pflanzen angewiesen sind. In dieser Kette ist jedes Glied durch das andere bedingt. Als ein klares Beispiel solcher oft höchst verwickelter Beziehungen führt Darwin den Einfluss an, welchen in England Katzen auf die Samenbildung des rothen Klees ausüben. Die Blüthen des rothen Klees gehören zu denjenigen Blumen, welche nur durch Hülfe gewisser Insecten befruchtet werden können, und zwar sind dies besonders die Hummeln. Die Hauptfeinde der Hummeln sind die Feldmäuse. Wo nun viele Katzen sind, die eine grosse Quantität Mäuse vertilgen, da werden die Hummeln zahlreicher sein und mithin der Klee öfter zur Samenbildung gelangen. In einem ähnlichen Gewebe von vielfachen Wechselbeziehungen ist jedes Thier und jede Pflanze gegenüber allen andern befangen, die mit ihm am selben Orte leben. In den meisten Fällen sind uns freilich diese Beziehungen unbekannt; dass sie aber überall vorhanden sind, lässt sich mit Gewissheit behaupten. Indem jedes Individuum für sich eine gewisse Quantität von Nahrung, einen gewissen Platz oder Standort in Anspruch nimmt, muss es nothwendig mit zahreichen Nebenbuhlern, die dasselbe Ziel erstreben, kämpfen. Ueberall in der Natur herrscht so, ebenso wie in der menschlichen Gesellschaft, ein schonungsloser und unaufhörlicher Krieg Aller gegen Alle. Und da die Zahl der Stellen im Naturhaushalte eine beschränkte ist, da nur für den kleinsten Theil der Keime Raum und Nahrung in ausreichendem Masse vorhanden ist, so müssen die allermeisten nothwendig zu Grunde gehen.

Nun ist es klar, dass durchschnittlich in diesem Kampfe um das Dasein diejenigen Individuen einer und derselben Species die übrigen überwinden und überleben werden, welche in irgend einer Beziehung günstiger gestellt sind, welche mehr Kraft besitzen, ihren Angreifern zu widerstehen, oder mehr Schnellig-

keit, ihren Verfolgern zu entgehen, oder welche sonst durch irgend eine besondere Organisations-Eigenthümlichkeit einen Vorzug vor den übrigen voraus haben. Immer werden es also im Ganzen die schwächeren und schlechteren Individuen sein, welche unterliegen und aussterben, die stärkeren und begabteren, welche überleben und sich fortpflanzen. Wiederholt sich dieser Vorgang bei einer und derselben Art viele Generationen hindurch, so muss eine unausgesetzte Vervollkommnung die Folge davon sein. Zwar wird in jedem einzelnen Falle die Zunahme an Vollkommenheit wieder sehr gering und gewöhnlich unmerklich sein. Indem aber diese an sich geringe Verbesserung sich sehr oft wiederholt, so wird doch zuletzt durch fortgesetzte Häufung und durch Zusammenwirken der vielen kleinen Verbesserungen ein so vervollkommneter Zustand des Organismus eintreten, dass das Endglied der langen Reihe von dem Stammvater, dem ersten Gliede, sehr beträchtlich abweicht.

Diese fortschreitende Vervollkommnung der Arten gewinnt nun dadurch ausserordentlich an Bedeutung, dass sie mit der oben erläuterten Variations-Neigung zusammenwirkt, mit der allgemeinen Eigenschaft aller Organismen, nicht die ganze Summe ihrer Eigenschaften unverändert auf die Nachkommen zu vererben, sondern innerhalb gewisser Grenzen abzuändern. Es wurde vorher gezeigt, dass diese Abänderungen bei vielen Arten so weit gehen, dass wir eine Anzahl verschiedener Rassen oder Spielarten in jeder Art unterscheiden können. Nun ist es klar, dass dieselben, ebenso wie die einzelnen ungleichen Individuen, im Kampfe um das Dasein ungleich gestellt sein werden. Die eine Rasse oder Varietät wird durch besondere Eigenthümlichkeiten mehr, die andere weniger begünstigt sein und die natürliche Folge muss sein, dass wenn mehrere Rassen einer und derselben Art am selben Orte mit einander um das Dasein kämpfen, die kräftigeren, vollkommneren oder durch gewisse Eigenschaften begünstigteren Rassen die anderen schwächeren und weniger begünstigteren überwinden und verdrängen werden. Auf diesem Wege sind z. B. nach Darwin die so häufig zu beobachtenden sogenannten sympathischen Färbungen der Thiere entstanden, d. h. die Uebereinstimmung in den Farben ihrer Haut und ihres Wohnortes. Käfer, Blattläuse und

andere auf Blättern lebende Insecten erscheinen grün, Rinden fressende Insecten grau oder braun, Schmetterlinge und andere Insecten, die besonders auf bunten Blumen sich aufhalten, bunt gefärbt. Die Bewohner der weiten Steppen und Sandwüsten, z. B. die Gazellen, Springmäuse, Schakale u. s. w., theilen fast sämmtlich die gelbe oder gelbbraune Farbe des Sandes. Die meisten Polarbewohner sind weiss, wie der Schnee und das Eis, auf dem sie leben, ja unter den letzteren giebt es viele, wie die Schneehasen, die Schneehühner, die Polarfüchse, welche im Winter, wenn das ganze Land schneebedeckt ist, weiss, im Sommer dagegen, wo der Schnee theilweis fortgeschmolzen ist, grau oder braun gefärbt sind. Diese merkwürdigen sympathischen Färbungen erklären sich ganz einfach daraus, dass sie den betreffenden Thieren sehr nützlich sind und ihnen einen bedeutenden Vorzug vor anders gefärbten Individuen derselben Art gewähren. Offenbar werden diejenigen Individuen, deren Farbe sich am wenigsten von der ihres Wohnortes unterscheidet, von anderen, die sie verfolgen, oder denen sie zur Nahrung dienen, am wenigsten gesehen und können also ihren Verfolgern leichter entgehen, ihrer Beute aber leichter sich nähern, als andere Individuen derselben Art, welche durch abstechende Färbung mehr auffallen und leichter bemerkt werden. Wenn also anfänglich von diesen Arten mehrere Spielarten von sehr mannigfacher Färbung neben einander existirten, so mussten späterhin die durch ihre Färbung bevorzugten jedenfalls die andern verdrängen und überwinden. In ganz gleicher Weise lässt sich eine Menge scheinbar zufälliger Eigenthümlichkeiten daraus erklären, dass sie den betreffenden Individuen oder Spielarten einen Vorzug vor anderen derselben Art verleihen. Letztere müssten ohne diesen Vorzug in dem Kampfe um das Dasein nothwendig ihren begünstigteren Mitbewerbern unterliegen.

Diesen höchst wichtigen Vorgang nennt D a r w i n die n a t ü r l i c h e A u s l e s e oder n a t ü r l i c h e Z u c h t w a h l, indem er ihn der k ü n s t l i c h e n Z u c h t w a h l vergleicht, welche der Mensch beständig bei der Cultur der Hausthiere und Culturpflanzen ausübt. Wenn wir die letztere Thätigkeit, die sogenannte Z ü c h t u n g, näher ins Auge fassen, so finden wir, dass der Zweck des Züchters sich nicht darauf beschränkt, besonders

brauchbare, gute, ihm nützliche Rassen zu erhalten und fortzupflanzen, sondern auch dahin sich erweitert, noch bessere, noch nützlichere Spielarten zu schaffen, zu erziehen, oder wie man sich kurz ausdrückt, die Rasse zu veredeln. Diesen Zweck erreicht der Züchter lediglich dadurch, dass er zur Nachzucht, zur Fortpflanzung nur die besten und tüchtigsten Individuen benutzt, oder, wenn er einen speciellen Züchtungszweck verfolgt, nur diejenigen, welche die ihm wünschenswerthe Eigenthümlichkeit in besonderem Grade entwickelt zeigen. So nimmt der Gärtner die Samen zur Aussaat nur von den besten und stärksten Samenpflanzen. Der Landwirth sucht auf's Sorgfältigste zur Nachzucht nur diejenigen Thiere aus, die sich von den übrigen derselben Heerde durch Grösse oder Schnelligkeit oder Kraft oder irgend eine besondere, ihm erwünschte individuelle Eigenschaft auszeichnen. Diese individuellen Vorzüge erscheinen dann gewöhnlich bei den Nachkommen wieder und zwar meist bei allen in ungleichem Grade. Werden dann von diesen wieder diejenigen zur Erzeugung der nächsten Generation ausgesucht, welche jene Eigenschaft am deutlichsten ausgeprägt zeigen, und so fort, so wird der Vorzug bei den Nachkommen noch stärker hervortreten, und wenn dieselbe sorgfältige Auswahl viele Generationen hindurch fortgesetzt wird, so erscheinen schliesslich die späten Nachkommen in so hohem Grade veredelt, haben einen gewissen Vorzug oder eine Summe vorzüglicher Eigenschaften so sehr entwickelt, dass die neu entstandene Form nicht mit dem viel unvollkommenern alten Stammvater zu derselben Art zu gehören scheint. Die Differenzen zwischen den verschiedenen Rassen sind dann so gross geworden, dass wir sie unbedingt als ganz verschiedene Arten oder sogar als verschiedene Gattungen ansehen würden, wenn wir nicht wüssten, dass sie aus einer und derselben Stammart durch fortgesetzte Abänderung entstanden und durch Zwischenstufen mit derselben verbunden sind. Die Mehrzahl unserer Hausthiere ist in dieser Weise schon so weit von der wilden Stammform abgewichen, dass wir über die letztere ganz im Unklaren sind.

Genau derselbe Vorgang, den der Mensch hier zu seinem Nutzen willkürlich hervorruft und leitet, derselbe findet nach Darwin bei den wilden, im Naturzustande befindlichen Thieren

und Pflanzen fortwährend zum Nutzen und zur beständigen Vervollkommnung dieser Geschöpfe selbst statt. Neue vollkommenere Rassen entstehen fortwährend und veredeln sich im Kampfe um das Dasein, während die unvollkommeneren Rassen (ebenso wie die alten Stammformen) zurücktreten, erlöschen und aussterben. Die Auslese der besten und tüchtigsten Individuen zur Nachzucht, welche bei der künstlichen Zuchtwahl nach des Menschen Willen und Absicht erfolgt, dieselbe wird im Naturzustande, bei der natürlichen Züchtung, durch die Nothwendigkeit der Wechselbeziehungen zwischen allen Organismen erreicht, durch die Bedingungen, welche der Kampf um das Dasein einem jeden auferlegt. Die Veränderung der Art fällt aber nicht, wie bei der künstlichen Auslese, zum Vortheile des Menschen aus, sondern zum Vortheile der veränderlichen Thiere und Pflanzen selbst. Das Ringen um die Existenz ist so allgemein, die Wechselwirkung aller Organismen so complicirt, die Zahl der in Mitbewerbung befindlichen Individuen so gross, dass nur die besonders bevorzugten Individuen den Kampf bestehen können, während die bei weitem grössere Zahl der schwächeren und unfähigen zu Grunde geht. Ganz unstreitig muss aus diesem allgemeinen Vorgange, wenn man ihn im Grossen und Ganzen betrachtet, eine beständige, allmähliche Veränderung der ganzen lebenden Welt, eine progressive Metamorphose, eine fortschreitende Umformung und Veredelung aller Organismen, mit Nothwendigkeit folgen. Die niedrigeren unvollkommeneren Formen werden beständig erlöschen, die höheren vollkommeneren fortdauern, und diese werden selbst wieder einer noch grösseren Anzahl von noch vollkommeneren Formen durch fortdauernde Variation und Auseinandergehen in neue Spielarten den Ursprung geben.

Dass auf diesem Wege noch fortwährend Varietäten und Rassen entstehen, gibt jeder Zoologe und Botaniker zu; denn die Variationsfähigkeit der Arten ist unbeschränkt. Die meisten treten nur der weiteren Ausdehnung dieses Vorganges entgegen, welche Darwin behauptet, indem er auf ganz dieselbe Weise auch neue Arten und Gattungen entstehen lässt und weiterhin nach Analogie schliesst, dass auf dieselbe Weise auch Gattungen aus Familien und Familien aus Klassen her-

vorgegangen seien. Freilich sind wir nicht im Stande, diese letzteren Schlüsse durch directe Beobachtung zu beweisen, denn obgleich die natürliche Züchtung fortwährend und überall thätig ist, und jede günstige Chance benutzt, welche die Variation der Arten und der Kampf um das Dasein für die Entstehung neuer selbstständiger Formen darbietet, so wirkt sie doch andrerseits sehr langsam und allmählich, und erfordert meistens sehr lange Zeiträume, um das Resultat dieser beständigen Umformung unserem Auge sichtbar zu machen. Die natürliche Züchtung scheint auch zur Hervorbringung einer so selbstständigen Form, dass sie als gute Art betrachtet werden kann, weit längere Zeit zu brauchen, als die künstliche Züchtung, bei welcher viele Umstände die Befestigung der neuen Form viel mehr begünstigen. Wenn aber schon viele Generationen nöthig sind, um eine neue Art durch allmähliche Veränderung entstehen zu lassen, so übersteigen ohne Zweifel die Zeiträume, welche nöthig sind, um aus einer einzigen Stammform eine ganze Gattung oder Familie oder gar eine ganze Klasse hervorgehen zu lassen, vollständig unsere Fassungskraft. Für eine solche Entwickelungsreihe sind Epochen erforderlich, welche nicht Hunderte und Tausende, sondern Hunderttausende und Millionen von Jahren umfassen. Die gesammte Erdgeschichte selbst aber vom Auftreten der ersten und einfachsten organischen Urform, bis zu der reichen und mannigfaltigen Formenreihe der jetzigen Pflanzen- und Thierwelt herab setzt sich erfahrungsgemäss wieder aus einer erstaunlich langen Reihe von solchen Epochen zusammen. Vor den Ewigkeiten dieser Zeiträume, welche wir zwar annähernd abschätzen, aber nicht anschaulich uns vorstellen können, tritt das letzte Moment derselben, die vielen Jahrtausende nämlich, seit denen der Mensch als das jetzige Endglied der Schöpfungskette auftrat, völlig verschwindend zurück. Darüber belehren uns die unwiderleglichen Erfahrungen der Geologie.

Wenngleich nun aus diesem Grunde der directe Beweis für die Entstehung grosser Artengruppen aus einer einzigen Art gegenwärtig noch nicht durch unmittelbare Beobachtung zu liefern ist, so kennen wir doch eine grosse Summe von Thatsachen, welche für die Wahrheit der Darwin'schen Theorie

in überzeugender Weise Zeugniss ablegen. Ganze Reihen der wichtigsten Naturerscheinungen lassen sich ohne dieselbe gar nicht erklären, und finden durch dieselbe eine ebenso einfache, als harmonische Erklärung. Dahin gehört vor allem die stufenweise fortschreitende Entwickelung, welche in der Reihenfolge der auf einander folgenden Erdperioden die organische Bevölkerung derselben durchläuft. In den ältesten abgelagerten Erdschichten, in denen überhaupt noch deutlich erkennbare Reste erhalten sind, hat man überall nur sehr wenige und sehr einfach organisirte Vertreter von einzelnen grossen Hauptabtheilungen des Thier- und Pflanzenreichs entdeckt. Wenn man von da an Stufe für Stufe in der Schichtenfolge aufwärts steigt, so bemerkt man, wie diese niedrigen, unvollkommenen Geschöpfe durch zahlreichere, höhere, vollkommenere Formen verdrängt werden. Nicht nur wächst in jeder späteren, der Jetztwelt näher liegenden Epoche die Zahl der Organismen im Ganzen, sondern es werden auch die einfachen Formen mehr und mehr durch complicirtere und mehr differenzirte ersetzt. So z. B. finden wir von der Gruppe der Wirbelthiere in den ältesten, Fossilien führenden Gesteinen nur unvollkommene Knorpelfische vor. Späterhin treten an deren Stelle höhere Fische, welche der Mehrzahl der jetzt lebenden Knochenfische sich mehr und mehr nähern. Auf Jene folgen dann die Amphibien (Labyrinthodonten), späterhin die Reptilien, besonders colossale und vielgestaltige Eidechsen, und erst nachdem diese kaltblütigen Vierfüsser eine sehr langsame und lange andauernde Vervollkommnung bis zu vogelähnlichen Formen, den fliegenden Eidechsen, und bis zu schwerfälligen, Pachydermen ähnlichen Riesen, den Dinosauriern, durchgemacht, treten endlich in den jüngeren Erdformationen die höheren Wirbelthiere auf, die warmblütigen Vögel und Säugethiere. Auch von diesen letzteren sind anfangs nur känguruhartige Beutelthiere vorhanden, die auf der tiefsten Stufe der Ausbildung in dieser Klasse stehen, und erst sehr allmählich entwickeln sich aus denselben die höheren, vollkommeneren Säugethiere, welche endlich in der Ausbildung der menschenähnlichen Affen und zuletzt der Menschen selbst ihre höchste Stufe erreichen.

Nach Allem, was wir von den frühesten Zeiten menschlicher

Existenz auf der Erde wissen, sind wir zu der Annahme berechtigt, dass auch der Mensch weder als eine gewappnete Minerva aus dem Haupte des Jupiter hervorgesprungen, noch als ein erwachsener sündenfreier Adam aus der Hand des Schöpfers hervorgegangen ist, sondern sich nur äusserst langsam und allmählich aus dem primitiven Zustande thierischer Rohheit zu den ersten einfachen Anfängen der Cultur emporgearbeitet hat. Dafür sprechen ausser verschiedenen durch die neuere Geologie und Alterthumsforschung an das Licht geförderten Thatsachen ganz besonders die neueren Entdeckungen auf dem Gebiete der vergleichenden Sprachforschung. Auch die Sprache trat nicht mit einem Male plötzlich und unvermittelt als der vielgliedrige Organismus auf, den der Mensch gewöhnlich als besonderen Vorzug seiner Natur vor der thierischen rühmt. Vielmehr entstand auch die Sprache erst allmählich aus wenigen einfachen, thierisch-rohen Lauten, die zur Bezeichnung der nächstliegenden Gegenstände und Bedürfnisse dienten. In wenig vollkommenerer Form verharrt die Sprache auch heute noch bei einigen Naturvölkern niedersten Ranges. Sehr langsam wuchs die Zahl dieser Ausdrücke; erst allmählich wurden sie zu Worten, noch später zu einfachen Sätzen verbunden. Wie lange aber mag es gedauert haben, ehe sich aus dieser einen oder diesen wenigen einfachen Ursprachen durch fortschreitende Entwickelung und Differenzirung die vielfach verschiedenen Sprachstämme und Zweige entwickelten, welche die vergleichenden Linguisten nach ihrer näheren und entfernteren Verwandtschaft ebenso in ein baumförmig verzweigtes System ordnen, wie dies die Zoologen und Botaniker mit den Familien der Thiere und Pflanzen thun. Wie die Verwandtschaftsbeziehungen der letzteren, sind auch die der Sprachen nur aus dem Princip der gemeinsamen Abstammung und der fortschreitenden Entwickelung zu erklären und zu verstehen. Dasselbe Gesetz des Fortschritts finden wir dann weiterhin in der historischen Entwickelung des Menschengeschlechts überall wirksam. Ganz natürlich! Denn auch in den bürgerlichen und geselligen Verhältnissen sind es wieder dieselben Principien, der Kampf um das Dasein und die natürliche Züchtung, welche die Völker unwiderstehlich vorwärts treiben und stufenweise zu höherer Cultur

emporheben. Rückschritte im staatlichen und socialen, im sittlichen und wissenschaftlichen Leben, wie sie die vereinten selbstsüchtigen Anstrengungen von Priestern und Despoten in allen Perioden der Weltgeschichte herbeizuführen bemüht gewesen sind, können wohl diesen allgemeinen Fortschritt zeitweise hemmen oder scheinbar unterdrücken; je unnatürlicher, je anachronistischer aber diese rückwärts gerichteten Bestrebungen sind, desto schneller und energischer wird durch sie der Fortschritt herbeigeführt, der ihnen unfehlbar auf dem Fusse folgt. Denn dieser Fortschritt ist ein Naturgesetz, welches keine menschliche Gewalt, weder Tyrannen-Waffen noch Priester-Flüche, jemals dauernd zu unterdrücken vermögen. Nur durch eine fortschreitende Bewegung ist Leben und Entwickelung möglich. Schon der blosse Stillstand ist ein Rückschritt, und jeder Rückschritt trägt den Keim des Todes in sich selbst. Nur dem Fortschritte gehört die Zukunft!

Wie die Thatsache der fortschreitenden Entwickelung sich aus Darwin's Theorie vollkommen erklärt, so verhält es sich auch mit der anderen, nicht minder wichtigen Thatsache, dass alle Geschöpfe, welche jetzt leben und welche jemals gelebt haben, zusammen ein einziges grosses Ganzes bilden, einen einzigen uralten, weitverzweigten Lebensbaum, dessen sämmtliche Theile bis in die feinsten Verzweigungen hinein nirgends isolirt, nirgends durch scharfe Lücken getrennt, sondern überall durch Zwischenglieder und Uebergänge unmittelbar verbunden sind. In dieser Beziehung bildet das Studium der fossilen ausgestorbenen Thiere und Pflanzen eine nothwendige Ergänzung zu der Naturgeschichte der heutigen Lebewelt. Denn viele Lebewesen, welche in ihrer äusseren Körperform und inneren Organisation heutzutage weit verschieden zu sein scheinen, werden auf's Innigste durch eine Kette vermittelnder Zwischenformen verbunden, deren Existenz zum Theil weit, weit in der Erdgeschichte zurückliegt. Will man daher ein sogenanntes natürliches System der Lebewesen aufstellen, so müssen nothwendig die fossilen ausgestorbenen Formen ebenso wie die jetzt noch lebenden berücksichtigt werden. Erst wenn dies geschieht, erscheint das ganze natürliche System als ein einziger grosser, organisch gegliederter Körper, als ein weitverzweigter Baum, dessen sämmtliche Zweig-

gruppen, Abtheilungen und Unterabtheilungen durch strahlenförmig auseinandergehende Verbindungslinien verknüpft sind. Diese auf den ersten Blick so überraschende Thatsache lässt sich durch keine andere Hypothese erklären, als durch Darwin's Annahme einer gemeinsamen Abstammung. Der mächtige, weitverzweigte Baum, unter dessen Bilde man sich das natürliche System stets am klarsten vorstellt, erhält dann seine volle Bedeutung als grosser gemeinsamer natürlicher Stammbaum aller Thiere und Pflanzen, und das Wort Verwandtschaft bleibt nicht, wie bisher, ein blos bildlicher Ausdruck, welcher den Grad der Aehnlichkeit oder Unähnlichkeit zwischen lebenden Wesen andeuten soll, sondern gewinnt seine volle ursprüngliche, sachliche Bedeutung wieder, indem er uns die gemeinsame Abstammung derselben von einem Stammvater, ihre wirkliche Bluts-Verwandtschaft, enthüllt. Längst schon hat man die näheren oder entfernteren Aehnlichkeits-Beziehungen, welche die neben und unter einander geordneten Gruppen verbinden, mit jenem Ausdruck der „natürlichen Verwandtschaft" bezeichnet, ohne zu ahnen, dass das vermeintliche Bild das wahre Wesen jener Beziehungen in der einzig richtigen Weise ausdrückt.

Ebenso wie uns Darwin's Hypothese so den Schlüssel zum Räthsel der Verwandtschaft liefert, so erklärt sie auch die meisten anderen Erscheinungen der organischen Natur in ebenso einfacher als schlagender Weise, so z. B. die merkwürdigen Verhältnisse in der geographischen Verbreitung der Thiere und Pflanzen, die Erscheinungen der Arbeitstheilung, des Generationswechsels, der Metamorphose, die Bedeutung der sogenannten rudimentären Organe, die morphologisch ebenso höchst wichtig, als physiologisch gänzlich werthlos sind, endlich vor Allem die höchst wichtige dreifache Parallele zwischen der embryologischen, der systematischen und der palaeontologischen Entwickelung der Organismen. Auf diese dreifache parallele Stufenfolge, die ich für einen der stärksten Beweise der Wahrheit der Entwickelungstheorie halte, hier näher einzugehen, ist leider durch die zugemessene Zeit nicht gestattet. Diese und noch viele andere höchst interessante Phänomene, die von den früheren Naturforschern als „curiose Naturspiele" angestaunt wurden, erscheinen uns ohne die Ent-

wickelungstheorie als seltsame, unbegreifliche Räthsel, während sie durch dieselbe aus einem und demselben Gesichtspunkte sich erklären.

Freilich dürfen wir nun aber andrerseits nicht vergessen, dass Darwin's Entwickelungstheorie keineswegs ein reifes, fertiges, abgeschlossenes Lehrgebäude bildet; vielmehr liefert sie nur die Grundlinien eines zukünftigen und gibt den ersten mächtigen Anstoss zu einer durchgreifenden Reform des bestehenden. Viele Lücken und schwache Stellen des jungen aufstrebenden Baues erleichtern den zahlreichen Gegnern den Angriff sehr. Andrerseits sind uns gewiss noch sehr viele Beziehungen ganz oder fast ganz unbekannt, die doch vielleicht von nicht minderem Gewichte für die Entstehung der Arten sind, als die von Darwin allzu einseitig betonte natürliche Züchtung im Kampfe um das Dasein. Nicht weniger einflussreich, als diese Wechselbeziehungen dürften in vielen Fällen die von Darwin doch wohl allzu sehr vernachlässigten äusseren Existenzbedingungen der anorganischen Natur sein, Klima und Wohnort, geographische und topographische Verhältnisse, denen sich die Charaktere der Organismen in sehr vielen Beziehungen anpassen.

Ein anderer und wohl der wichtigste Mangel der Darwinschen Lehre liegt darin, dass sie uns für die spontane Entstehung oder Urzeugung des einen oder der wenigen allerältesten Stammorganismen, aus denen sich alle anderen entwickelten, keine Anhaltspunkte liefert. War es eine einfache Zelle, eine solche, wie sie noch jetzt an der zweifelhaften Grenze von Thier- und Pflanzenreich als selbstständige Wesen zahlreich existiren, oder eine solche, wie sie die Eier aller Organismen zu irgend einer Zeit darstellen? Oder war es in noch früherer Zeit blos ein einfaches, belebtes, der Ernährung, Fortpflanzung und Entwickelung fähiges Schleimklümpchen, ein Moner, ähnlich gewissen amöbenartigen Organismen, die noch nicht einmal die Organisationshöhe einer Zelle erreicht zu haben scheinen?

Auf diese und viele anderen Fragen gibt auch der neue Aufschwung der Entwickelungstheorie durch Darwin keine Antwort. Indess erscheint das gewiss nicht befremdend, wenn

man bedenkt, dass erst vor vier Jahren diese Untersuchungen durch Darwin's epochemachende Arbeiten in jene fruchtbare Bahn hineingelenkt wurden, während die Mehrzahl der früheren Naturforscher bisher ein völlig entgegengesetztes Ziel verfolgt hat. Deshalb hat Darwin's neue Schöpfungstheorie auch gerade unter den älteren Naturforschern zahlreiche und manche bedeutende Gegner gefunden. Wenn wir aber an die grösste Entdeckung zurückdenken, die der Mensch je gemacht hat: an die Auffindung des Gravitations - Gesetzes der Himmelskörper; und wenn wir bedenken, wie diese jetzt allgemein anerkannte Entdeckung Newton's ihrer Zeit nicht allein von vielen Priestern und Laien, sondern selbst von sehr bedeutenden Philosophen und Naturforschern wie z. B. von Leibnitz, als eine verderbliche, revolutionäre, ketzerische Irrlehre verdammt und verfolgt wurde, so werden wir uns wahrlich nicht wundern, wenn derselbe ohnmächtige Bannfluch auch die Entwickelungstheorie Darwin's trifft, diesen gewaltigsten naturwissenschaftlichen Fortschritt unserer Zeit, der für die organische Natur Aehnliches zu leisten verspricht, als Newton's Gravitations-Gesetz für die anorganische geleistet hat.

Und so schliesse ich denn, von der Wahrheit der Abstammungstheorie so fest, als Darwin selbst überzeugt, diesen unvollkommenen Versuch einer kurzen Darstellung derselben, indem ich die Worte anführe, mit denen der Uebersetzer Darwin's, Bronn, obwohl selbst nur sehr bedingt der Theorie zustimmend, das Werk am Schlusse empfiehlt: „Die Möglichkeit, nach Darwin's Theorie alle Erscheinungen in der organischen Natur durch einen einzigen Gedanken zu verbinden, aus einem einzigen Gesichtspunkte zu betrachten, aus einer einzigen Ursache abzuleiten, die Möglichkeit, eine Menge bisher vereinzelt gestandener Thatsachen den übrigen auf's Innigste anzuschliessen, und als nothwendige Ergänzungen derselben darzulegen, die Möglichkeit, die meisten Probleme daraus auf's Schlagendste zu erklären, drücken ihr den Stempel der reinen Wahrheit auf, und berechtigen zu der Erwartung, auch die für diese Theorie noch vorhandenen grossen Schwierigkeiten endlich zu überwinden."

Ueber die

Entstehung des Menschengeschlechts.

Vortrag
gehalten im October 1865
in einem Privat-Kreise zu Jena.

„Und umzuschaffen das Geschaffne,
Damit sich's nicht zum Starren waffne,
Wirkt ewiges lebend'ges Thun.
Und was nicht war, nun will es werden,
Zu reinen Sonnen, farb'gen Erden,
In keinem Falle darf es ruhn."

„Es soll sich regen, schaffend handeln,
Erst sich gestalten, dann verwandeln;
Nur scheinbar steht's Momente still.
Das Ew'ge regt sich fort in allen:
Denn Alles muss in Nichts zerfallen,
Wenn es im Sein beharren will!"

Goethe.

Unter den hervorragenden Geistesthaten, welche die lange Entwickelungsgeschichte der menschlichen Erkenntniss in gesonderte Abschnitte scheiden, sind wenige von weiterer Bedeutung und von tieferem Einfluss gewesen, als das Weltsystem des **Copernikus**. Beinahe anderthalb Jahrtausende hatte die sphärische Astronomie des Alexandriners **Ptolemäus** die gebildete Menschheit beherrscht. In vollkommener Uebereinstimmung mit dem unmittelbaren sinnlichen Augenschein galt nach dem Ptolemäischen System unsere mütterliche Erde als die feste, unerschütterliche Mitte des Weltganzen, um welche Sonne, Mond und Sterne in concentrischen Kreisen sich drehen. Ihre Bewegung geschieht von Osten nach Westen, wie es ja Jedermann täglich unmittelbar wahrnehmen kann. In der christlichen Welt aber musste diese Weltanschauung um so festere Wurzel gewinnen, als sie auch mit dem Wortlaute der Bibel trefflich übereinstimmte. „Am Anfang schuf Gott Himmel und Erde", beginnt das erste Buch Mosis. Und der 16. Vers des ersten Kapitels sagt: „Und Gott machte zwei grosse Lichter: ein grosses Licht, das den Tag regiere, und ein kleines Licht, das die Nacht regiere, dazu auch Sterne. Und Gott setzte sie an die Feste des Himmels, dass sie schienen auf die Erde."

Was konnte in der That fester und sicherer stehen, als das Ptolemäische System? „Wölbt sich der Himmel nicht da droben? Liegt die Erde nicht hier unten fest? Und steigen freundlich blinkend, ewige Sterne nicht herauf?" Konnte nicht jeder vernünftige Mensch mit Augen sehen und mit Händen greifen, dass die Erde unerschüttert fest da bleibt, wo sie steht, und dass Sonne, Mond und Sterne sich um diese Weltmitte thatsächlich herumdrehen? Und wie schön stimmte diese Anschauung zu der Stellung des Menschen in der Natur! War ja doch der

Mensch, dieses wahre „Ebenbild Gottes", dieses letzte Ziel und dieser höchste Endzweck der Schöpfung, ebenso der eigentliche Beherrscher und das Hauptstück der Erde, wie die Erde der Mittelpunkt und das Hauptstück der Welt!

Da erschien nach der langen finsteren Nacht des traurigen Mittelalters die Morgenröthe des sechszehnten Jahrhunderts mit ihren gewaltigen Fortschritten und himmelstürmenden Umgestaltungen auf allen Gebieten menschlichen Wissens und Glaubens. Und aus dieser Morgenröthe erhob sich als Stern erster Grösse der Deutsche Copernikus, dessen Schrift „über die Umwälzungen der Himmelskreise" („de revolutionibus orbium coelestium") selbst die grösste Umwälzung, die durchgreifendste Revolution in der ganzen damaligen Weltanschauung herbeiführte. Zwar erlebte Copernikus die Wirkung seiner grossartigen That nicht, da das erste gedruckte Exemplar seines Werkes ihm erst in seiner Todesstunde zu Gesicht kam. Aber zahlreiche eifrige Schüler und Anhänger halfen dasselbe allerorten verbreiten, und bald verschafften Kepler und Galilei dem copernikanischen Systeme den vollständigsten Sieg. Vergebens versuchte Tycho de Brahe, ein ebenso ausgezeichneter Beobachter, wie unklarer Denker, das Ptolemäische System zu retten, oder wenigstens durch Verschmelzung desselben mit dem Copernikanischen einen beide Theile befriedigenden Mittelweg zu finden. Die Einfachheit und Klarheit der Behauptungen von Copernikus, Kepler und Galilei war so einleuchtend, ihre mathematischen strengen Beweisführungen so überzeugend, dass bald jedem denkenden und vorurtheilsfreien Forscher die gewaltige Thatsache klar werden musste: Die Erde bewegt sich! Sie dreht sich täglich von Westen nach Osten um ihre Axe! Sie ist ein Stern unter den Sternen, ein Planet unter den übrigen Planeten, welche mit ihr sich um den gemeinsamen Mittelpunkt der Sonne drehen; und um die Erde wandelt nur ein einziger Trabant, der Mond!

Wir können uns kaum eine Vorstellung von der Wirkung machen, welche diese gewaltigen Fortschritte der Natur-Erkenntniss auf die Menschheit des sechszehnten und siebzehnten Jahrhunderts ausübten, die eben erst vom langen Schlafe des Mittelalters zu erwachen begann. Nicht allein die rohe und ungebil-

dete Masse nahm an den neuen Lehren den grössten Anstoss, welche die ganze Welt auf den Kopf zu stellen schienen und der unmittelbaren sinnlichen Wahrnehmung so schnurstracks zuwiderliefen. Nein, auch kenntnissreiche und denkende Männer vermochten sich nicht von den alten, fest eingewurzelten Ueberlieferungen zu trennen. Und selbst manche von den Einsichtsvollsten, welche die Wahrheit des Copernikanischen Systems zugestehen mussten, fürchteten von der Verbreitung dieser Wahrheit die schlimmsten Folgen, und suchten daher diese möglichst zu beschränken. Insbesondere fürchteten sie die nothwendig damit verbundene Erschütterung allgemein herrschender kirchlicher Lehren; und in der That mussten mächtige Glaubenssätze nothwendig dadurch umgestürzt werden, und die Bibel in vielen wichtigen Punkten ihre allgewaltige Autorität einbüssen. Vor Allen waren es daher herrschsüchtige Priester, welche dem Copernikanischen Systeme den heftigsten Widerstand entgegensetzten, und durch die Machtsprüche dogmatischer Glaubenssätze ihren gefährlichen Widersacher zu vernichten suchten. Die ganze sittliche Weltordnung und somit auch die Sittlichkeit im Menschenleben sollte mit dem Ptolemäischen Systeme zu Grunde gehen. Mit Feuer und Schwert mussten die verderblichen Ketzer ausgerottet werden, welche solche unsittliche Lehren verbreiteten; und es ist allbekannt, welchen Scharfsinn dabei die christliche Inquisition in Erfindung der entsetzlichsten Folterqualen zu Ehren Gottes entwickelte. Der greise Galilei, der grösste Genius seiner Zeit, musste Jahre lang im Kerker der römischen Inquisition schmachten, wöchentlich einmal die sieben Busspsalmen Davids beten, und knieend vor unwissenden Mönchen, die Hand aufs Evangelium gestützt, die ewigen Wahrheiten abschwören, welche er aufs Klarste erkannt hatte. Aber sein stolzes Wort: „Sie bewegt sich doch!" („E pur si muove!") unmittelbar nach der Abschwörungsformel gesprochen, als er sich wieder erhob, ist seitdem der Wahlspruch aller Forscher geworden, die mit rücksichtslosem Muthe den natürlichen Wahrheiten im Kampfe gegen Aberglauben und Priesterherrschaft frei Bahn brechen.

Vergebens blieben auf die Dauer alle Versuche, der Erde Stillstand zu gebieten. „Sie bewegt sich doch!" Aber anhal-

tender und zäher Widerstand wurde den Lehren des Copernikus, Kepler und Galilei von vielen einflussreichen Seiten noch sehr lange geleistet, und er erhob sich mächtig und verdoppelt von Neuem, als der grosse Engländer Newton die grösste aller menschlichen Entdeckungen, diejenige des Gravitations-Gesetzes machte, und in der Schwerkraft, in der Massenanziehung, die ebenso einfache als grossartige mechanische Ursache der thatsächlich von Jenen erkannten Planeten-Bewegungen nachwies. In diesem Gesetze wurde die neue, mechanische Weltanschauung so fest und so unumstösslich begründet, ein unabänderliches Naturgesetz so klar und einfach als die wirkende Ursache des Kreislaufs der Weltkörper nachgewiesen, dass nothwendig von Neuem die Priesterherrschaft alle Kräfte aufbieten und alle Federn springen lassen musste, um diese furchtbare, aller Offenbarung Hohn sprechende „Irrlehre" zu bekämpfen. Und auch hier waren es neben den unwissenden und fanatischen Mönchen hochgebildete und tiefdenkende Männer, welche den freien Fortschritt der wissenschaftlichen Erkenntniss zu unterdrücken versuchten. Das zeigt am besten der berühmte Philosoph Leibnitz, welcher Newton's Gravitations-Gesetz verdammte, weil es die natürliche Religion untergrabe und die geoffenbarte verläugne.

Auf das Lebhafteste werden wir an diese Gegensätze und Kämpfe in der Gegenwart erinnert durch die Theorie Darwin's und die durch ihn angefachte mächtige Bewegung. Zwar scheint zunächst der Gegenstand dieser Theorie, die Frage von der Entstehung der Arten im Thier- und Pflanzenreiche, ein weit engeres Interesse zu beanspruchen, als die Rotation des Erdkörpers und die Bewegungen der Planeten. Jede eingehendere und umfassendere Betrachtung jener Frage zeigt aber bald, dass sie mindestens auf gleich grosse Bedeutung Anspruch hat, und dass sich die Selections-Theorie des Engländers Darwin der Gravitations-Theorie seines grossen Landsmannes Newton würdig an die Seite stellen kann. Es wird dies klar durch die Erwägung der entscheidenden Bedeutung, welche Darwin's Lehre für die gesammte sogenannte „Schöpfungsgeschichte" und speciell für die Schöpfungsgeschichte des Menschen besitzt.

Darwin beansprucht zwar in seinem berühmten Werke[1]) zunächst nur die Frage zu lösen: „Wie entstanden die verschiedenen Formen von Thieren und Pflanzen, welche wir allgemein als Arten oder Species unterscheiden?" Allein diese Frage ist auf das engste mit zwei anderen Fragen von der höchsten Bedeutung verknüpft, welche zugleich mit jener gelöst werden müssen, nämlich erstens der allgemeinen Frage: „Wie entstand überhaupt das Leben, die lebendige Formenwelt der Organismen?" und zweitens der besonderen Frage: „Wie entstand das Menschengeschlecht?" [3])

Die erste dieser beiden Fragen, diejenige von der ersten Entstehung lebendiger Wesen, kann empirisch nur entschieden werden durch den Nachweis der sogenannten Urzeugung oder Generatio aequivoca, d. h. der freiwilligen oder spontanen Entstehung von Organismen der denkbar einfachsten Art. Solche sind die Moneren (Protogenes, Protamoeba, Protomyxa, Vampyrella), vollkommen einfache mikroskopische Schleimklümpchen ohne alle Struktur und Organisation, welche sich ernähren und (durch Theilung) fortpflanzen[12]). Ein solches Moner, nämlich der von dem berühmten englischen Zoologen Huxley entdeckte und Bathybius Haeckelii genannte Ur-Organismus, bedeckt in Form einer zusammenhängenden dicken Schleimdecke die grössten Tiefen des Oceans, zwischen 3,000 und 30,000 Fuss[16]). Zwar ist die Urzeugung solcher Moneren bis jetzt noch nicht sicher beobachtet; sie hat aber an sich nichts Unwahrscheinliches, und muss aus allgemeinen Gründen für den Anfang der lebendigen Erdbevölkerung, als Ausgangspunkt des Thier- und Pflanzenreichs, nothwendig angenommen werden[4]). Diese Annahme ist lediglich eine unabweisliche Forderung der folgerichtig schliessenden Vernunft. Die andere von jenen beiden, mit Darwin's Lehre nothwendig verknüpften Fragen, diejenige von der natürlichen Entstehung des Menschengeschlechts, soll uns hier allein beschäftigen.

Die Lösung beider Fragen galt bisher den meisten Naturforschern für so schwierig, dass sie sich gar nicht an dieselben heranwagten, oder aber ihre Zuflucht zur Annahme von uns

1) Die zu diesem und dem folgenden Vortrage gehörigen Anmerkungen 1—17 stehen auf S. 96—98.

gänzlich unbekannten, besonderen Grundkräften der Natur nahmen. Sehr viele erklärten sogar ihre Lösung für ganz unmöglich und behaupteten, dass die Entstehung der lebendigen Naturkörper überhaupt nicht auf natürlichen Ursachen beruhe, also auch nicht von der Naturwissenschaft erkannt werden könne. Vielmehr könne dieselbe allein durch die Annahme einer über und ausserhalb der Natur stehenden schöpferischen Kraft erklärt werden, welche die gemeinen, natürlichen Kräfte der Materie, die physikalischen und chemischen Kräfte, beherrsche und in ihren Dienst nehme. Einige dachten sich diese unbekannte, räthselhafte und entschieden übernatürliche Schöpfungskraft als die Eigenschaft eines persönlichen, mehr oder weniger menschenähnlichen Schöpfers; Andere nannten sie „Lebenskraft, zweckthätiges organisches Princip, oder zweckmässig wirkende Endursache (Causa finalis)“ u. s. w.

Es bedarf kaum eines Hinweises darauf, dass auch die Schöpfungsgeschichten der Religionslehren bei den verschiedenen Völkern stets mit den letztgenannten übernatürlichen und mystischen Vorstellungen übereinstimmen. So verschieden dieselben im Einzelnen lauten mögen, so stimmen sie doch alle darin überein, dass sie die erste Entstehung des Lebens auf der Erde, die Entstehung der Thier- und Pflanzenarten und vor Allem die Entstehung des Menschengeschlechts als einen übernatürlichen Vorgang auffassen, welcher nicht einfach durch mechanische Ursachen, durch physikalische und chemische Kräfte bewirkt werden könne, vielmehr einen unmittelbaren Eingriff einer zweckmässig wirkenden und bauenden schöpferischen Persönlichkeit erfordere.

Nun liegt aber der Schwerpunkt von Darwin's Lehre — gleichviel ob er von diesem grossen Naturforscher bereits bestimmt so ausgesprochen wurde oder nicht — darin, dass derselbe die einfachsten mechanisch wirkenden Ursachen, rein physikalisch-chemische Naturvorgänge, als vollkommen ausreichend nachweist, um jene höchsten und schwierigsten aller Aufgaben zu lösen. Darwin setzt also an die Stelle einer bewussten Schöpferkraft, welche zweckmässig und planvoll die organischen Körper der Thiere und Pflanzen aufbaut und zusammensetzt, eine Summe von sogenannten blinden,

zweck- und planlos wirkenden Naturkräften. An die Stelle eines willkürlichen Schöpfungsaktes tritt ein nothwendiges Entwickelungsgesetz. Mithin wird die weitverbreitete Vermenschlichung (der Anthropomorphismus) der göttlichen Schöpfungskraft widerlegt, d. h. die falsche Anschauung, dass die letztere irgend eine Aehnlichkeit mit der menschlichen Werkthätigkeit zeige.

Freilich musste gerade durch diese Folgerungen Darwin's epochemachendes Werk den grössten Anstoss und den heftigsten Widerspruch bei allen denjenigen erregen, welche der Ansicht sind, dass ohne jene unwissenschaftliche Annahme eines übernatürlichen Schöpfungsaktes die ganze sogenannte „sittliche Weltordnung" zu Grunde gehe. Einerseits empörten sich daher alle Naturforscher, welche einen absoluten Unterschied zwischen lebloser und belebter, zwischen anorganischer und organischer Natur aufstellten, und welche für die Vorgänge auf dem leblosen oder anorganischen Gebiete (z. B. für die Planetenbewegungen und die Erdbildung) ausschliesslich mechanisch wirkende Ursachen oder blinde, bewusstlose Naturkräfte (Causae efficientes), für die Vorgänge auf dem belebten oder organischen Naturgebiete dagegen (in der Thier- und Pflanzenwelt) daneben noch zweckthätig wirkende Ursachen oder bewusste schöpferische Arbeitskräfte (Causae finales) annahmen. Andrerseits gesellten sich zu diesen Naturforschern diejenigen Priester, denen durch Darwin's Theorie der Angelpunkt ihrer Herrschaft gefährdet erschien. Zwar vergingen nach dem Erscheinen von Darwin's reformatorischem Werke noch einige Jahre, ehe diese Empörung allgemein wurde, weil Darwin selbst kluger Weise den wichtigsten Folgeschluss seiner Lehre, die Entwickelung des Menschen aus niederen Thieren, nicht in sein Werk aufgenommen, und weil er auch die Frage von der ersten Entstehung des Lebens bei Seite geschoben hatte. Nachdem aber bald darauf jener bedeutendste und weitreichendste Folgeschluss von ausgezeichneten und muthvollen Naturforschern, namentlich von Huxley[5]), Carl Vogt[6]) und Ludwig Büchner[7]) öffentlich ausgesprochen, und auch eine mechanische Entstehung der ersten Lebensformen als nothwendige Ergänzung von Darwin's Lehre behauptet wurde, da erhob sich mit ganzer Macht

der Sturm, dessen Wüthen noch auf lange Zeit hinaus die Culturwelt spalten und mit dem Siege der Entwickelungslehre endigen wird.

Wieder sind es dieselben Drohungen und Befürchtungen, wie zu Zeiten des Copernikus und Galilei, welche dem rücksichtslosen Fortschritte der wissenschaftlichen Erkenntniss entgegengerufen werden. Mit den Glaubenssätzen, welche durch letztere vernichtet werden, soll nicht allein die Religion, sondern auch die Sittlichkeit zu Grunde gehen. Indem die Wissenschaft die erlösungsbedürftige Menschheit von den tyrannischen Fesseln des Aberglaubens und der Autoritäts-Herrschaft befreit, soll sie der allgemeinen Anarchie und dem Ruin aller bürgerlichen und gesellschaftlichen Ordnung in die Hände arbeiten. Wie aber damals, im sechszehnten Jahrhundert, die neue Lehre von der Planetenbewegung um die Sonne der mächtige Hebel eines ganz ungeheuren Fortschritts in der wahren Naturerkenntniss und dadurch zugleich in der gesammten Civilisation wurde, so wird auch Darwin's Lehre von uns als der Morgenstern einer neuen Periode in der menschlichen Kulturgeschichte begrüsst werden müssen, einer Periode, welche die Jetztzeit weiter überflügelt, als diese die dunkelste Zeit des Mittelalters hinter sich gelassen hat.

In den sechs Jahren, welche seit dem Erscheinen von Darwin's Werk verflossen, sind so zahlreiche kleinere und grössere Schriften über dasselbe veröffentlicht worden, dass wir wohl die Grundzüge seiner Lehre als allgemein bekannt voraussetzen dürfen [3]). Wir können hier um so mehr uns einer ausführlichen Darstellung derselben entziehen, als dieselbe schon in den meisten Beziehungen sehr eingehend besprochen worden ist [4]), und als unser eigentlicher Gegenstand nur einen einzigen Folgeschluss der Lehre, die natürliche Entstehung des Menschengeschlechts durch allmähliche Entwickelung betrifft. Dennoch müssen wir, bevor wir auf diese Frage selbst eingehen, nothwendig Einiges über die Begründung der Darwin'schen Lehre selbst und ihren nothwendigen Zusammenhang mit unserem Gegenstande sagen.

Wie es nämlich bereits von einer Anzahl der namhaftesten Schriftsteller, und zwar eben so wohl Anhängern als Gegnern

der Darwin'schen Theorie, ausgeführt worden ist, erscheint dieselbe mit der Annahme einer allmählichen Entwickelung des Menschengeschlechts aus niederen Wirbelthieren so unzertrennlich verknüpft, dass die eine Lehre ohne die andere nicht gedacht werden kann. Diese Erwägung ist von der allergrössten Wichtigkeit. Entweder sind die verwandten Arten der Thiere und ebenso der Pflanzen, also z. B. alle Species einer Classe, alle Vögel oder alle Farnkräuter, Nachkommen einer und derselben Stammform, aus einer gemeinsamen ursprünglichen Vogelform oder Farnform durch allmähliche Umwandlung im Laufe sehr langer Zeiträume entstanden — und dann ist zweifellos ebenso der Mensch aus niederen Säugethieren, Affen, früher Halbaffen, und noch früher Beutelthieren, Amphibien, Fischen u. s. w. durch allmähliche Umbildung entstanden. Oder aber dies ist nicht der Fall: die einzelnen Thier- und Pflanzen-Arten sind selbstständig erschaffen worden, und dann ist ebenso der Mensch, unabhängig von anderen Säugethieren, erschaffen worden. Indem wir aber an eine solche übernatürliche „Schöpfung" glauben, nehmen wir unsere Zuflucht zu einem unbegreiflichen Wunder, und verzichten somit auf ein wirkliches Verständniss und auf eine wissenschaftliche Erklärung jener wichtigsten Naturprocesse. Wenn wir nun die allgemeine Wahrheit der Darwin'schen Theorie erweisen können, so folgt daraus von selbst mit Nothwendigkeit unsere Annahme einer Abstammung des Menschen von niederen Wirbelthieren, und wir sind einer besonderen Beweisführung für letztere im Grunde schon vollständig enthoben.

Bekanntlich behauptet Darwin's Theorie, dass diejenige Aehnlichkeit, welche wir in der gesammten Organisation von Thieren oder Pflanzen irgend einer natürlichen Artengruppe, z. B. einer Familie oder einer Klasse, wahrnehmen, eine auf Blutsverwandtschaft beruhende Familien-Aehnlichkeit sei, und dass der Ausdruck „Verwandtschaft", mit dem man gewöhnlich diese Aehnlichkeit der Formbildung bildlich bezeichnet, in der That nicht eine blos bildliche, sondern eine wahrhaft sachliche Bedeutung habe. Die formverwandten Arten sind nach Darwin blutsverwandt. Wenn das wahr ist, so muss das sogenannte „natürliche System", in welches

die Naturforscher die verschiedenen Arten nach dem höheren oder geringeren Grade ihrer Aehnlichkeit einreihen, der wirkliche **Stammbaum der Organismen** sein.

Bei der ausserordentlichen Wichtigkeit, welche diese Vorstellung für den Gegenstand unseres Vortrages besitzt, müssen wir dieselbe an einem Beispiele erläutern. Gehen wir aus von einem allbekannten Hausthiere, z. B. der Hauskatze. Alle verschiedenen Formen der Hauskatze werden von den Naturforschern als Abkömmlinge eines einzigen uralten Stammvaters angesehen und demgemäss in einer einzigen Art oder Species (der „Felis domestica") vereinigt. Die Gattung Katze oder Felis umfasst aber ausser der Hauskatze auch noch viele andere Arten, z. B. den Löwen, Tiger u. s. w. Alle diese verschiedenen Arten der Gattung Katze oder Felis stimmen in ihrer Körperform, in der Bildung ihres Gebisses und ihrer Füsse so sehr überein, dass wir sie eben deshalb als Arten oder Species einer einzigen Gattung (Genus) betrachten. Daraus schliessen wir aber wiederum auf eine gemeinschaftliche Abstammung aller verschiedenen Katzenarten von einer einzigen uralten gemeinsamen Stammkatze. Der Löwe (Felis leo), der Tiger (Felis tigris), der Puma (Felis concolor), der Leopard (Felis leopardus), die wilde Katze (Felis catus), die Hauskatze (Felis domestica) sind späte Nachkommen von verschiedenen Zweigen jener alten, längst ausgestorbenen Stammkatzenform. Ebenso betrachten wir die Gattungen Katze und Hyäne, welche wir in der Familie der katzenartigen Raubthiere (Felina) vereinigen, als Descendenten (Nachkommen) einer einzigen katzenartigen Raubthierform, welche noch in einer weit früheren Zeit der Erdgeschichte lebte, als die alte Stammkatze. In gleicher Weise stammen alle in der Familie der hundeartigen Raubthiere (Canina) vereinigten Gattungen und Arten von einer hundeartigen Stammform ab, alle bärenartigen (Ursina) von einer bärenartigen, alle marderartigen (Mustelina) von einer marderartigen Stammform u. s. w.

Wenn wir nun in dem natürlichen System der Thiere noch weiter aufwärts steigen, und alle letztgenannten Familien-Gruppen vergleichen, so entdecken wir bei allen Raubthieren, bei allen katzenartigen, hundeartigen, marderartigen, bären-

artigen Thieren u. s. w. eine solche Uebereinstimmung in den wichtigsten zoologischen Merkmalen, namentlich in der Form des Gebisses und der Füsse, und so deutliche Unterschiede von allen übrigen Säugethieren, dass wir eben deshalb alle jene „Familien“ zu einer natürlichen grösseren Gruppe, zu der Ordnung der Raubthiere (Carnivora) vereinigen. Sind wir aber Anhänger Darwin's, so drücken wir durch diese Vereinigung den genealogischen Gedanken aus, dass alle diese Raubthiere ihren gemeinsamen Ursprung von einer einzigen Raubthier-Stammform ableiten. Natürlich muss dieser Stammvater der ganzen Ordnung wiederum viel älter sein, als seine späteren Nachkommen, die einzelnen Stammväter der vorher genannten Raubthier-Familien.

In gleicher Weise wie wir für alle Raubthiere eine gemeinsame Stammform annehmen können, so gilt dies auch für jede andere Ordnung der Säugethiere, für die Ordnung z. B. der Nagethiere, der Affen, der Halbaffen, der Hufthiere, der Walfische, der Beutelthiere u. s. w. Alle diese verschiedenen Ordnungen der Säugethier-Klasse stimmen überein in der eigenthümlichen Ernährung des neugeborenen Jungen durch die Milch der Mutter, woher eben diese Klasse ihren Namen hat. Ferner stimmen alle Säugethiere überein und unterscheiden sich dadurch zugleich von allen Vögeln und von allen tiefer stehenden Wirbelthieren (Reptilien, Amphibien, Fischen) in einer Anzahl wichtiger Merkmale ihres inneren Baues. So z. B. ist der Unterkiefer der Säugethiere sehr viel einfacher gebaut, als der aus zahlreichen Knochen zusammengesetzte Unterkiefer der Vögel und Reptilien; wogegen derjenige der letzteren durch einen besonderen, den Säugethieren fehlenden Stielknochen am Schädel eingelenkt ist. Ferner besitzen die Vögel und Reptilien in ihren Blutzellen einen Kern, während dieser den Säugethieren fehlt. Bei der letzteren Klasse ist der Schädel durch zwei Gelenkhöcker mit dem ersten Halswirbel verbunden, bei den ersteren dagegen durch einen einzigen. Aus diesen und vielen anderen Gründen stimmen alle Säugethiere, so verschieden sie auch sonst sein mögen, unter sich doch mehr überein, d. h. sie sind näher verwandt mit einander, als irgend ein Säugethier mit einem Vogel oder einem Reptil.

Ebenso zeigen alle Vögel einerseits, alle Reptilien andererseits unter sich viel grössere Uebereinstimmungen, als irgend ein Vogel mit irgend einem Reptil. Diese Unterschiede und Uebereinstimmungen drückt der zoologische Systematiker dadurch aus, dass er alle Säugethier-Ordnungen in der einen Klasse der Säugethiere vereinigt, alle Vögel-Ordnungen in der Klasse der Vögel, alle Reptilien-Ordnungen in der Klasse der Reptilien. Wir aber erblicken mit Darwin hinter diesem systematischen Ausdrucke die wichtige Thatsache, dass alle Säugethiere von einem gemeinsamen uralten Säugethier-Stammvater ihren Ursprung herleiten, alle Vögel von einem uralten Stammvogel, alle Reptilien von einer gemeinschaftlichen Reptilien-Stammform.

Indem wir in dieser Weise in dem natürlichen System der Thiere (und es gilt dasselbe ebenso auch von den Pflanzen) aufwärts steigen, erheben wir uns von den engeren, tiefer stehenden und jüngeren Formengruppen allmählich zu den weiteren, höher stehenden und älteren Formengruppen, den Stammformen der ersteren. Wir gelangen so von den Arten zu den Gattungen von den Gattungen zu den Familien, von diesen zu den Ordnungen und von den Ordnungen zu den Klassen. Jede höhere Gruppe ist eine Vielheit von mehreren niederen untergeordneten Gruppen. Jede höhere Gruppe ist nach unserer genealogischen Auffassung des natürlichen Systems ein älterer Ast des Stammbaums und die darunter stehenden untergeordneten niederen Gruppen sind jüngere Zweige und Aestchen jenes Astes. Wenn überhaupt Lamarck's und Darwin's Abstammungslehre richtig ist, so sind zweifellos alle diejenigen Pflanzen oder Thiere, die wir in einer einzigen Klasse vereinigen, Nachkommen oder Descendenten einer einzigen gemeinsamen Stammform. Wir können aber auch noch wenigstens einen Schritt weiter gehen und schliesslich mit ziemlicher Sicherheit eine gemeinsame Abstammung auch für alle diejenigen Klassen der Thiere (und ebenso der Pflanzen) behaupten, welche in allen wesentlichen Merkmalen ihrer Organisation so sehr übereinstimmen, dass die Naturforscher seit dem Anfange unseres Jahrhunderts, nach Bär's und Cuvier's Vorgange, sie in einem sogenannten Kreise oder Typus vereinigt haben.

Ein solcher Kreis oder Typus, richtiger Stamm oder Phylum genannt, ist der Stamm der Wirbelthiere (Vertebrata), zu welchem die Klassen der Säugethiere, Vögel, Reptilien, Amphibien und Fische gehören. Einen zweiten Stamm bilden die Weichthiere (Mollusca), die Klassen der Kracken (Cephalopoden), Schnecken, Muscheln und Tascheln (Brachiopoden). Ein drittes Phylum setzt sich aus den Klassen der Insecten, Spinnen, Tausendfüsse und Krebse zusammen; das ist der Stamm der Gliederthiere (Arthropoda). In jedem dieser drei Stämme ist der gesammte Körperbau und die individuelle Entwickelungsweise so typisch und charakteristisch, dass wir darauf gestützt die Blutsverwandtschaft aller Glieder desselben mit Sicherheit behaupten können: alle verschiedenen Wirbelthiere müssen von einer gemeinsamen Stammform, einem einzigen „Urwirbelthier“ abstammen, ebenso alle Mollusken von einem „Urweichthier“, alle Arthropoden von einem „Urgliederthier“.

Die Thatsachen der vergleichenden Anatomie und Entwickelungsgeschichte, welche diese Blutsverwandtschaft aller Thiere eines Stammes, eines Phylum oder Typus, zweifellos begründen, sind für den Kenner derselben so überzeugend, dass er keine stärkeren Beweisgründe, als diese, für die Wahrheit der Abstammungslehre anerkennen kann. Was speciell die Wirbelthiere betrifft, die uns hier vor allen anderen interessiren, so stimmen sie z. B. alle überein durch eine ganz eigenthümliche Bildung und Lagerung ihres Skelets und ihres Nervensystems, wie sie bei keiner anderen Thiergruppe wieder vorkömmt. Das innere Skelet der Wirbelthiere besteht anfangs in allen Fällen aus einer centralen festen Axe, einem knorpeligen (später oft durch Knochen verdrängten) Stabe, welcher Rückensaite oder Rückenstrang (Chorda dorsalis) genannt wird und aus welchem sich die Wirbelsäule entwickelt. Von der einen (der dem Rücken zugewandten) Fläche dieses Wirbelstranges aus wachsen bogenförmige Fortsätze nach dem Rücken zu empor, welche sich zu einem geschlossenen Rohre vereinigen, und in diesem Rohre liegt der wesentlichste Bestandtheil des Nervensystems eingeschlossen, das Rückenmark, welches alle Wirbelthiere ohne Ausnahme besitzen, und welches allen übrigen Thieren fehlt. Unter dem Rückenstrang dagegen liegt die Leibeshöhle, welche den

Darm und dessen Anhänge, Lunge, Leber u. s. w. einschliesst. Lediglich schon aus diesen anatomischen Verhältnissen (ganz abgesehen von den gleich zu erwähnenden Bestätigungen aus der Entwickelungsgeschichte) lässt sich eine gemeinsame Abstammung aller Wirbelthiere mit der grössten Sicherheit annehmen, wenn überhaupt Darwin's Lehre richtig ist.

Die Thierklassen, welche nach Ausschluss der genannten drei Stämme, der Wirbelthiere, Weichthiere und Gliederthiere, in dem Thierreich noch übrig bleiben, wurden von Bär und Cuvier in einem vierten und letzten Typus, dem Strahlthiere (Radiata) vereinigt. Das ist aber kein natürlicher Stamm, wie die drei vorhergehenden, sondern eine künstliche Vereinigung von mehreren sehr verschiedenen Stämmen oder Phylen. Nach dem gegenwärtigen Stande unserer zoologischen Kenntnisse muss diese Gruppe der Strahlthiere mindestens in vier verschiedene Stämme zerlegt werden, welche wir folgendermassen benennen: 1. Sternthiere (Estrella oder Echinoderma), die vier Klassen der Seesterne, Seelilien, Seeigel und Seegurken; 2. Würmer (Vermes oder Helminthes), die zahlreichen Formen der „eigentlichen" Würmer im Sinne der neuesten Zoologie, z. B. Plattwürmer, Rundwürmer, Mantelthiere, Ringelwürmer u. s. w.; 3. Pflanzenthiere (Zoophyta oder Coelenterata), die vier Klassen der Schwämme, Korallen, Schirmquallen und Kammquallen; und endlich 4. Urthiere (Protozoa): die Wurzelfüsser (Rhizopoden), Schleimpilze (Myxomyceten), Geisselschwärmer (Flagellaten), Amoeboiden (Protoplasten) und viele andere Organismen niedrigsten Ranges, auf der tiefsten Stufe von allen die Moneren.

Von diesen vier niederen Thierstämmen sind die beiden Phylen der Sternthiere und Pflanzenthiere ebenso natürliche Einheiten von blutsverwandten Arten, wie die drei höheren Phylen. Weniger sicher ist dies von den Würmern und noch viel weniger von den Urthieren. Die Gruppe der Würmer enthält sehr verschiedenartige Formen, und unter diesen befinden sich auch die ursprünglichen Stammformen der höheren Thierstämme. Die Wirbelthiere werden durch die Mantelthiere mit den Würmern in genealogische Verbindung gesetzt, die Weichthiere durch die Moosthiere, die Gliederthiere und Sternthiere durch die Ringelwürmer und Sternwürmer. Dagegen hängen die Pflanzenthiere

wohl nur an der Wurzel mit den Würmern zusammen. Die Abtheilung der Urthiere oder Protozoen endlich, deren Stellung noch sehr unsicher ist, enthält einerseits die ursprünglichen Stammformen der Würmer und der Pflanzenthiere, anderseits aber auch eine sehr grosse Anzahl von sehr tief stehenden und unvollkommenen Organismen, die weder echte Thiere noch echte Pflanzen sind, und die man daher am besten in einer besonderen neutralen Gruppe, in dem zwischen Thierreich und Pflanzenreich mitten inne stehenden Reiche der Urwesen (Protista) vereinigt. Jedenfalls lassen sich die systematischen Verhältnisse aller dieser Organismen-Gruppen nur durch die Abstammungslehre erklären und begreifen.

Das natürliche System der Thiere und Pflanzen, wie es von den Zoologen und Botanikern schon seit langer Zeit aufgestellt worden ist, erfüllt demgemäss nicht bloss den Zweck, die verschiedenen Formen nach dem grösseren oder geringeren Grade ihrer Aehnlichkeit in viele neben und über einander gestellte Gruppen zu ordnen, und dadurch die Uebersicht der unendlichen Gestaltenfülle zu erleichtern; auch ist der ausschliessliche Zweck des natürlichen Systems der Organismen nicht bloss eine gedrängte Zusammenfassung unserer anatomischen Kenntnisse von ihren Formverhältnissen; vielmehr erhält dasselbe eine ungleich höhere und weitere Bedeutung dadurch, dass es uns die natürlichen Blutsverwandtschafts-Verhältnisse der Organismen enthüllt, dass es ihren wahrhaftigen und wirklichen Stammbaum darstellt.

Man pflegt gegenwärtig die Abstammungs-Lehre (Descendenz-Theorie), welche in dieser Weise das natürliche System der Organismen als ihren Stammbaum auffasst, gewöhnlich ausschliesslich mit dem Namen Darwin's zu verknüpfen; jedoch erfordert die geschichtliche Wahrheit die Anerkennung, dass schon zahlreiche Naturforscher vor Darwin denselben Grundgedanken erfasst und theilweis auch ausgeführt haben [3]). Insbesondere waren es im Anfange unseres Jahrhunderts die Naturphilosophen, an ihrer Spitze in Deutschland unser grösster Dichter, Wolfgang Goethe und der berühmte Lorenz Oken, in Frankreich Jean Lamarck und Geoffroy Saint-Hilaire (der Aeltere), welche vorzüglich durch vergleichend anatomische Untersuchungen geleitet, eine gemeinsame Abstammung der ver-

wandten Thierformen behaupteten. So erhob sich Goethe schon 1796 zu dem merkwürdigen Ausspruch: „Dies also hätten wir gewonnen, ungescheut behaupten zu dürfen, dass alle vollkommeneren organischen Naturen, worunter wir Fische, Amphibien, Vögel, Säugethiere und an der Spitze der letzteren den Menschen sehen, alle nach Einem Urbilde geformt seien, das nur in seinen sehr beständigen Theilen mehr oder weniger hin und her weicht, und sich noch täglich durch Fortpflanzung aus- und umbildet." Und an einer anderen Stelle sagt Goethe (1824): „Eine innere und ursprüngliche Gemeinschaft liegt aller Organisation zu Grunde; die Verschiedenheit der Gestalten dagegen entspringt aus den nothwendigen Beziehungs-Verhältnissen zur Aussenwelt, und man darf daher eine ursprüngliche gleichzeitige Verschiedenheit und eine unaufhaltsam fortschreitende Umbildung mit Recht annehmen, um die ebenso constanten als abweichenden Erscheinungen begreifen zu können." In diesen und anderen Worten Goethe's sind deutlich die Grundzüge der Abstammungs-Lehre oder Descendenz-Theorie (welche von Anderen auch Umwandlungs-Lehre oder Transmutations-Theorie genannt wird) zu erkennen. Das Verdienst jedoch, diese äusserst wichtige Lehre zum ersten Male in Form einer selbstständigen und vollkommen durchdachten wissenschaftlichen Theorie veröffentlicht zu haben, gebührt Lamarck, dessen 1809 erschienene „Philosophie zoologique"[8]) wir der bahnbrechenden Revolutionslehre des Copernikus an die Seite setzen können.

Man hätte nun denken sollen, dass die Descendenz-Theorie, welche mit einem Male ein vollständig erklärendes Licht auf die bis dahin gänzlich unbekannte und dunkele Entstehung der Thier- und Pflanzen-Arten warf, alsbald nach ihrem Bekanntwerden eine gleiche Revolution, wie das System des Copernikus, in der gesammten wissenschaftlichen Naturanschauung hätte hervorbringen müssen. Allein dies war nicht der Fall. Vielmehr wurde die Abstammungslehre, welche doch die unentbehrliche und einzige erklärende Grundlage für die ganze wissenschaftliche Zoologie und Botanik bildet, in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts so wenig beachtet, dass sie im vierten und fünften Decennium desselben fast vergessen erschien. Dies liegt vorzüglich

einerseits an dem Mangel einer einheitlichen vergleichenden Betrachtung des organischen Natur-Ganzen und an einer ausschliesslichen Vertiefung in die genaue Betrachtung des Einzelnen, welche die Naturforscher jenes Zeitraums auszeichnete. Andererseits bereitete der Widerspruch gewichtiger Autoritäten der Verbreitung der neuen Lehre mächtigen Widerstand, und die einzelnen Zweige der Zoologie und Botanik, isolirt und auseinandergerissen, empfanden noch nicht tief genug das Bedürfniss, durch den harmonisch erklärenden Grundgedanken der Descendenz-Theorie sich zu verbinden.

Das ausserordentlich hohe Verdienst Charles Darwin's, dessen 1859 erschienenes Werk „Ueber die Entstehung der Arten im Thier- und Pflanzenreich durch natürliche Züchtung“ [1]) plötzlich die todtgeschwiegene Descendenz-Theorie zu neuem, kräftigen Leben erweckte, liegt nun nicht bloss darin, dass er dieselbe viel umfassender und vollendeter, als alle seine Vorgänger, ausführte, und sie mit allen inzwischen angesammelten Beweismitteln der einzelnen zoologischen und botanischen Wissenschafts-Zweige ausrüstete. Vielmehr besteht ein zweites und noch grösseres Verdienst des grossen englischen Naturforschers darin, dass er zum ersten Male eine Theorie aufstellte, welche den Vorgang der Arten-Entstehung mechanisch erklärt, d. h. auf physikalische und chemische Ursachen, auf sogenannte blinde, bewusstlos und planlos wirkende Naturkräfte zurückführt. Diese Theorie, welche das ganze Gebäude einer mechanischen Naturauffassung erst krönt und vollendet, ist die Lehre von der natürlichen Züchtung oder Auslese (Selection naturalis), welche man kurz als Züchtungs-Lehre oder Selections-Theorie bezeichnen kann. Diese Theorie ist der eigentliche „Darwinismus“, während es nicht richtig ist, unter diesem Namen die gesammte Abstammungs-Lehre oder Descendenz-Theorie zu verstehen. Will man die letztere durch den Namen ihres hervorragendsten Begründers bezeichnen, so muss sie „Lamarckismus“ heissen.

Die blinden, bewusstlos und zwecklos wirkenden Naturkräfte, welche Darwin als die natürlichen bewirkenden Ursachen aller der verwickelten und scheinbar so zweckmässig eingerichteten Form-Erscheinungen im Thier- und Pflanzenreich nachweist, sind die Lebens-Eigenschaften der Vererbung oder Erblichkeit

und der Anpassung oder Veränderlichkeit. Diese beiden wichtigen Lebens-Eigenschaften kommen allen Organismen, allen Thieren und Pflanzen ohne Ausnahme zu und sind nur besondere Aeusserungen oder Theil-Erscheinungen von zwei anderen, allgemeineren Lebens-Thätigkeiten, den Funktionen der Fortpflanzung und der Ernährung; und zwar hängt die Anpassung auf das engste zusammen mit der Ernährung des Individuums, die Vererbung dagegen mit der Fortpflanzung oder Vermehrung des Organismus. Wie nun aber die gesammten Ernährungs- und Fortpflanzungs-Erscheinungen rein mechanische Naturprocesse sind, und lediglich durch physikalische und chemische Ursachen bewirkt werden, so gilt ganz dasselbe natürlich auch von ihren so äusserst wichtigen und so geheimnissvoll wirkenden Theilerscheinungen, den Funktionen der Anpassung und der Vererbung. Ausschliesslich die Wechselwirkung dieser beiden Funktionen, und die besonderen äusseren Umstände, unter denen ihre Wechselwirkung geschieht, sind die Ursachen der organischen Bildungen und Umbildungen. Unter jenen äusseren Umständen sind bei weitem am wichtigsten die Wechsel-Verhältnisse, in welchen jeder Organismus zu seiner organischen Umgebung steht, zu den Thieren und Pflanzen, welche mit ihm am gleichen Orte leben. Die Gesammtheit dieser Wechselbeziehungen fasst Darwin unter dem Namen des „Kampfes um das Dasein“ (Struggle for life) zusammen; man könnte sie auch „Ringen um die Existenz, Mitbewerbung um das Leben“ und am besten vielleicht „Wettkampf um die Lebensbedürfnisse“ nennen. In ungemein geistvoller, klarer und überzeugender Weise zeigt Darwin, wie wir uns alle organischen Bildungen, alle Form- und Bau-Verhältnisse der Organismen einfach erklären können als die nothwendigen Folgen der Wechselwirkung von Anpassung und Vererbung im Kampfe um das Dasein.

Da wir hier, wie bemerkt, nicht auf Darwin's Theorie selbst weiter eingehen können, wollen wir nur diesen letzten, so häufig ganz falsch aufgefassten Grundgedanken derselben scharf hervorheben und zugleich zum besseren Verständniss auf die äusserst wichtigen Aehnlichkeiten und Unterschiede hinweisen, welche sich bei einer Vergleichung der natürlichen und

der künstlichen Züchtung ergeben. Durch die künstliche Auslese oder Züchtung ist der Landwirth und der Gärtner ebenso im Stande, neue Organismen-Formen hervorzubringen, wie die Natur durch die natürliche Züchtung erzeugt. Die neuen Spielarten von Pflanzen, welche der Gärtner, und ebenso die neuen Rassen von Hausthieren, welche der Landwirth durch künstliche Züchtung hervorbringt, sind nicht weniger verschieden, als die sogenannten Arten oder Species, welche die verschiedenen Thiere und Pflanzen im wilden Naturzustande darstellen. Der Vorgang und die Mittel der Bildung sind in beiden Fällen dieselben; es sind die Processe der Züchtung oder Auslese. Denn auch der Mensch bedient sich bei der künstlichen, planmässigen Züchtung lediglich der beiden Erscheinungen der Erblichkeit und der Veränderlichkeit.

Während nun so einerseits die Bildung und Umbildung der lebenden Formen bei der künstlichen und natürlichen Züchtung in gleicher Weise geschieht und auf gleichen Ursachen beruht, sind andererseits doch auch wesentliche Unterschiede zwischen beiderlei Züchtungsvorgängen vorhanden. Die Wechselwirkung zwischen der Anpassung und Vererbung wird bei der künstlichen Zuchtwahl durch den planmässig wirkenden Willen des Menschen, bei der natürlichen Zuchtwahl durch den planlos wirkenden „Kampf um's Dasein“ bedingt und geregelt. Die Umbildung und Neubildung der thierischen und pflanzlichen Formen, welche die Zuchtwahl oder Auslese hervorruft, fallen bei der künstlichen Züchtung zum Nutzen des züchtenden Menschen, bei der natürlichen Züchtung dagegen zum Nutzen des gezüchteten Organismus aus. Ferner erzeugt die künstliche Züchtung in verhältnissmässig sehr kurzer Zeit neue Formen, welche sehr auffallend und bedeutend von der ursprünglichen Stammform der Voreltern abweichen; die natürliche Züchtung dagegen wirkt viel langsamer und allmählicher umbildend ein. Daher sind aber auch die Veränderungen der organischen Form, welche durch die künstliche Züchtung erzeugt werden, viel unbeständiger und verlieren sich leicht wieder in folgenden Generationen, während die Produkte der natürlichen Züchtung weit beständiger sind und in langen Generations-Reihen sich gleichmässig erhalten.

Selbst wenn nun Darwin auch nicht in der vollkomme-

nen Weise, wie es geschehen ist, die Abstammungslehre durch seine Züchtungslehre ursächlich begründet und die Veränderung der Arten als nothwendige Folge der „natürlichen Züchtung" nachgewiesen hätte, würden wir dennoch gezwungen sein, die Abstammungslehre, so wie Goethe und Lamarck sie bereits aussprachen, anzunehmen, weil sie die einzige Theorie ist, welche uns die Gesammtheit der Erscheinungen in der organischen Natur erklärt. Dahin gehören vor allen die Erscheinungen, welche vor unser Auge treten in der Formen-Verwandtschaft der verschiedenen Thier- und Pflanzenarten, oder in ihrem sogenannten Bauplan; ferner in ihrer geographischen und topographischen Verbreitung, in ihrer individuellen Entwickelung und in ihrer historischen Entwickelung, wie sie uns durch die Versteinerungslehre oder Paläontologie bewiesen wird u. s. w. Vor allem aber ist da hervorzuheben die merkwürdige und höchst wichtige Aehnlichkeit zwischen der individuellen und der paläontologischen Entwickelung der Organismen[10]). Alle diese und zahlreiche andere wichtige Erscheinungen erklären sich lediglich durch den Grundgedanken der Lamarck'schen Abstammungslehre, durch die Annahme, dass alle verschiedenen Thier- und Pflanzenarten die mannigfach veränderten Nachkommen einer einzigen oder einiger weniger, höchst einfacher Stammformen sind; Stammformen, welche nicht durch den Willen oder die planmässige Thätigkeit eines persönlichen Schöpfers, sondern durch Urzeugung oder Generatio aequivoca entstanden sind[12]). Da nun alle uns bekannten allgemeinen Erscheinungsreihen im Leben der Thiere und Pflanzen vollkommen mit dieser Annahme übereinstimmen, da keine einzige Erscheinung derselben widerstreitet, so sind wir vollkommen berechtigt, die Abstammungslehre oder Descendenz-Theorie als ein grosses, allgemeines Inductions-Gesetz an die Spitze der organischen Naturwissenschaften, an die Spitze der Zoologie und Botanik zu stellen.

Wenn nun so in der That die Abstammungslehre ein nothwendiges und allgemeines Inductions-Gesetz ist, so ist die Anwendung derselben auf den Menschen nur ein ebenso nothwendiges, besonderes Deductions-Gesetz, eine Theorie, welche mit unvermeidlicher Nothwendigkeit aus der ersteren folgt. Da die philosophischen Ausdrücke Induction und Deduction, auf

deren richtiges Verständniss hier Alles ankömmt, vielfach missverstanden werden, so möge ein Beispiel zur Erläuterung dienen. Zur Zeit, als Goethe seine vergleichend-anatomischen Studien trieb, galt als der wichtigste anatomische Unterschied des Menschen von den übrigen Säugethieren der Mangel des Zwischenkiefers beim Menschen. Der Zwischenkiefer (Os intermaxillare) ist der in Mitte zwischen beiden Oberkiefer-Hälften gelegene Knochen, welcher die oberen Schneidezähne trägt. Da man bei allen übrigen Säugethieren, die hierauf untersucht waren, einen Zwischenkiefer gefunden hatte, zog Goethe daraus den Inductionsschluss, dass dieser Knochen ein Gemeingut aller Säugethiere sei. Da nun der Mensch in allen übrigen körperlichen Beziehungen nicht wesentlich von den Säugethieren verschieden ist, gelangte Goethe zu dem Deductionsschluss, dass auch der Mensch einen Zwischenkiefer besitzen müsse; und in der That gelang es ihm durch sorgfältige Untersuchung des menschlichen Schädels denselben aufzufinden, und so den thatsächlichen Beweis für seinen Deductionsschluss zu liefern. Die Deduction ist somit ein Schluss aus dem Allgemeinen auf das Besondere, die Induction dagegen ein Schluss aus dem Besonderen auf das Allgemeine.

Wenn wir nun aus der Uebereinstimmung aller Wirbelthiere in Form, Bau und Entwickelung den Schluss ziehen, dass alle Wirbelthiere von einer einzigen gemeinsamen Stammform abstammen, so ist dieser Schluss ein Inductionsschluss. Wenn wir aber dann die gleiche Abstammung auch für den Menschen behaupten, der in allen übrigen Beziehungen den Wirbelthieren im Wesentlichen gleicht, so ist dieser Schluss ein Deductionsschluss. Dieser Deductionsschluss aus dem Allgemeinen in's Besondere ist um sicherer und fester, je sicherer und fester der vorhergehende, ihm zu Grunde liegende Inductionsschluss aus dem Besonderen in's Allgemeine ist. Da nun aber in der That der letztere auf der breitesten inductiven Basis ruht, so können wir auch den ersteren als eben so gesichert ansehen. Auf diese philosophische Begründung des menschlichen Stammbaums ist das grösste Gewicht zu legen [9].

Die ausserordentlichen Fortschritte einerseits, welche in den letzten Jahren die vielen Untersuchungen über die Urge-

schichte und das Alter des Menschengeschlechts gemacht haben, die berühmten Untersuchungen über Pfahlbauten, Stein-, Bronze- und Eisen-Zeitalter u. s. w., sowie andererseits die äusserst wichtigen Resultate der neueren vergleichenden Sprachforschung haben zahlreiche einzelne Thatsachen an's Licht gefördert, welche unseren obigen Deductionsschluss bestätigen. Zoologen und Geologen, Alterthumsforscher und Geschichtschreiber, Sprachforscher und Ethnographen reichen sich die Hand, um übereinstimmend jene so äusserst bedeutsame Theorie zu befestigen und im Einzelnen auszubauen. So wichtig und dankenswerth aber auch alle diese Beiträge zur Naturgeschichte des Menschengeschlechts sein mögen, so können wir in denselben doch nur Bestätigungen oder Verificationen unseres oben gezogenen Deductionsschlusses erblicken, welchen wir mit vollkommener Sicherheit aus dem allgemeinen Inductions-Gesetz der Abstammungslehre abgeleitet haben.

Welche Mittel besitzen wir nun, um den zoologischen Stammbaum des Menschgeschlechts, der Abstammungslehre gemäss, zu ergründen? Es sind dieselben Mittel, welche wir auch bei den übrigen Thieren zu diesem Zwecke in Anwendung bringen, vor allen die Vergleichung ihrer äusseren Gestalt und ihres inneren Baues, und sodann die Vergleichung ihrer Entwickelungsgeschichte. In ersterer Beziehung brauchen wir nur nach der Stellung des Menschen im zoologischen System zu fragen. Denn dieses System selbst ist ja weiter nichts, als der einfachste Ausdruck für das Verhältniss der Blutsverwandtschaft, wie es sich aus der vergleichenden Anatomie, aus einer denkenden Vergleichung der äusseren Gestalt und des inneren Baues ergibt. Und da sehen wir denn nirgends einen Zweifel darüber, dass der Mensch zur Klasse der Säugethiere gestellt werden muss, und dass er innerhalb dieser Klasse zu derjenigen engeren Gruppe gehört, welche die Zoologen „Discoplacentalien" nennen, d. h. Säugethiere mit einem Aderkuchen (Placenta) von Scheibengestalt (Discus). Diese Gruppe umfasst fünf verschiedene Hauptabtheilungen von der Rangstufe sogenannter Ordnungen, nämlich die Nagethiere, Insectenfresser, Fledermäuse, Halbaffen und Affen. Offenbar steht nun unter diesen fünf Ordnungen der Mensch viel näher derjenigen der Affen, als den vier übrigen,

und es kann sich daher nur noch um die Frage handeln, ob der Mensch zur Ordnung der Affen selbst zu stellen sei, oder ob er das Recht habe, eine besondere Ordnung für sich neben der letzteren zu beanspruchen. Gleichviel, wie man diese untergeordnete Frage entscheiden möge, so bleibt doch sicher das Gesetz bestehen, dass unter allen Thieren die echten Affen, und zwar die schmalnasigen Affen der alten Welt oder die sogenannten Catarrhinen, dem Menschen viel näher stehen, als alle übrigen Thiere. Ja, es konnte sogar Huxley, auf die genauesten vergleichend-anatomischen Untersuchungen gestützt, den hochwichtigen Satz aussprechen, dass die anatomischen Verschiedenheiten zwischen dem Menschen und den höchst stehenden Affen (Gorilla, Schimpanse) geringer sind, als diejenigen zwischen den letzteren und den niedrigeren Affen [5]). Für unseren menschlichen Stammbaum aber folgt hieraus unmittelbar der nothwendige Schluss, dass das Menschengeschlecht sich aus echten Affen allmählich entwickelt hat.

Während diese äussert wichtige Thatsache schon durch die vergleichende Anatomie allein mit hinreichender Sicherheit festgestellt wird, so erhält sie doch die werthvollste und vollgültigste Bestätigung durch die Ergebnisse der vergleichenden Entwickelungs-Geschichte. Wenn wir die Entwickelung jedes menschlichen Einzelwesens oder Individuums von Beginn seiner individuellen Existenz an verfolgen, so können wir anfänglich und bis auf lange Zeit hinaus nicht den geringsten Unterschied zwischen dem Menschen und den übrigen Säugethieren entdecken. Gleich allen anderen, besteht jeder Mensch in der ersten Zeit seiner Existenz aus einem einfachen Ei, einem kugeligen Eiweissklümpchen von nur $^1/_{10}$ Linie Durchmesser, das von einer feinen Haut umgeben ist und einen kleineren, ebenfalls aus einer eiweissartigen Masse bestehenden, kugeligen Körper umschliesst, das Keimbläschen oder den Eikern. Das Menschen-Ei ist, wie jedes Säugethier-Ei und jedes thierische Ei überhaupt, eine einfache Zelle. Diese Zelle theilt sich in zwei Hälften, die sich abermals theilen, und durch fortgesetzte Theilung wird daraus ein Zellenhaufen, aus welchem sich der Keim oder Embryo bildet. Der letztere hat zunächst die Form einer einfachen kreisrunden, später geigenförmigen Scheibe,

die aus zwei über einander liegenden Zellschichten oder Blättern besteht. Erst ganz allmählich entstehen aus dieser äusserst einfachen Keimform durch eine lange Reihe von Veränderungen, Umbildungen und Ausbildungen alle die verschiedenen Theile und Organe, welche den Körper des erwachsenen Säugethiers zusammensetzen. Bis zu einer gewissen Zeit des Keimlebens sind die Keime oder Embryonen aller Säugethiere, mit Inbegriff des Menschen, gleich geformt und höchstens durch ihre Grösse zu unterscheiden. Dann treten allmählich geringe, bald grössere Unterschiede ein, welche vollkommen der systematischen Gliederung der Klasse in Ordnungen, Familien, Gattungen u. s. w. entsprechen. Dabei ist es nun höchst bemerkenswerth, dass der menschliche Keim bis in eine sehr späte Zeit des Keimlebens hinein gar nicht von dem Keime der Affen verschieden ist, nachdem schon längst die Unterschiede des Affenkeimes vom Keime der übrigen Säugethiere hervorgetreten sind. Erst später, gegen das Ende des Keimlebens, vor der Geburt, werden diejenigen Unterschiede erkennbar, welche den reifen Menschenkeim von dem reifen Keime der nächstverwandten schwanzlosen Affen unterscheiden. Auch nach der Geburt sind diese Unterschiede noch ziemlich geringfügig und treten erst allmählich bedeutender hervor, wenn der Mensch einerseits, der Affe andrerseits sich mehr und mehr in seiner bestimmten Eigenthümlichkeit ausbildet.

Die Entwickelungsgeschichte des menschlichen Individuums ist nun aber, wie die physiologischen Gesetze der Erblichkeit und der Veränderlichkeit deutlich nachweisen, ihrem eigentlichen Wesen nach eine kurze, gedrungene Wiederholung, eine Recapitulation gewissermassen, von der Entwickelungsgeschichte des zugehörigen blutsverwandten Thier-Stammes, also des Wirbelthier-Stammes. Diese Stammesgeschichte, oder die sogenannte paläontologische Entwickelungsgeschichte ist uns leider nur höchst unvollständig bekannt; denn die handgreiflichen Zeugnisse derselben, die versteinerten Thier-Reste, sind uns im Ganzen nur äusserst spärlich erhalten worden, und wenn wir allein aus den Versteinerungen die Stammesgeschichte des Menschen erkennen sollten, würde es schlimm um dieselbe bestellt sein. Freilich sind diese uralten Beweisstücke an sich äusserst werthvoll. Wir ent-

nehmen daraus die Grundzüge der menschlichen Stammesgeschichte in den einzelnen Hauptperioden der vormenschlichen Erdgeschichte. Aus der ältesten Periode, welche überhaupt Wirbelthier-Versteinerungen hinterlassen hat, aus der Silurzeit, sind uns ausschliesslich Reste der niedersten Klasse, der Fische erhalten. Diese Klasse bleibt in der ganzen Primär-Zeit die herrschende, und erst einzeln gesellen sich in späteren Abschnitten derselben zu den Fischen die Amphibien, diejenigen Wirbelthiere, welche sich zunächst aus den Fischen entwickelten. Noch viel später, in viel jüngeren Schichten der Erdrinde, welche während der Secundär-Zeit abgelagert wurden, begegnen uns die versteinerten Reste der drei höheren Wirbelthier-Klassen, der Reptilien, Vögel und Säugethiere. Von den letzteren finden wir während der ganzen Secundär-Zeit ausschliesslich die niedere Abtheilung der Beutelthiere oder Didelphien (Känguruhs, Beutelratten etc.), aber noch keinen einzigen Vertreter von der höheren Abtheilung der placentalen Säugethiere (Monodelphien). Diese letzteren, zu denen auch der Mensch gehört, erscheinen erst im Beginn eines dritten grossen Hauptabschnitts der Erdgeschichte, während der Tertiär-Zeit. Es werden uns also durch die Reihenfolge der versteinerten Wirbelthier-Reste während dieser drei geologischen Geschichtsperioden äusserst wichtige Beweisstücke für die uralte Stammesgeschichte des Menschengeschlechts, für die fortschreitende Entwickelung der Wirbelthiere von den Fischen bis zum Menschen geliefert. Natürlich erforderte dieser Entwickelungsgang ungeheuer lange Zeiträume, wie sie durch die Dicke der aus dem Wasser abgelagerten Erdschichten auch thatsächlich bewiesen werden. Wir messen die Dauer jener Hauptperioden mit vollem Recht nicht nach Jahrhunderten, sondern nach Millionen von Jahrhunderten.

So äusserst wichtig nun auch die Wirbelthier-Versteinerungen als die unwiderleglichen ältesten Urkunden des menschlichen Stammbaums sind, so würden wir doch nicht im Stande sein, aus ihnen allein den menschlichen Stammbaum, so wie es im folgenden Vortrage geschehen wird, wiederherzustellen. Es sind uns von den vielen tausend ausgestorbenen Wirbelthier-Arten, unter denen sich auch unsere Ur-Ahnen befanden, nur äusserst wenige Arten durch glücklichen Zufall in versteinertem

Zustande erhalten worden, und auch von diesen wenigen nur einzelne, besonders dazu geeignete härtere Theile, Zähne, Knochen u. s. w. Da kommt uns aber nun als der getreueste und zuverlässigste Bundesgenosse die Embryologie oder die Entwickelungsgeschichte des Individuums zu Hülfe, welche zur Paläontologie oder der Entwickelungsgeschichte des Stammes, wie oben gezeigt wurde, in den innigsten Beziehungen steht. Die Reihenfolge von verschiedenartigen Formen, welche jedes Individuum irgend einer Thierart von Beginn seiner Existenz an, vom Eie bis zum Grabe durchläuft, ist eine kurze und gedrängte Wiederholung derjenigen Reihe von verschiedenen Arten-Formen, durch welche die Voreltern und Ur-Ahnen dieser Thier-Art während der ungeheuer langen geologischen Geschichtsperioden hindurch gegangen sind[10]).

Auf Grund dieser unwiderleglichen handgreiflichen Zeugnisse der Embryologie und Paläontologie, auf Grund des vollständigen Parallelismus dieser beiden Entwickelungsreihen, auf Grund endlich aller der damit übereinstimmenden Zeugnisse aus der vergleichenden Anatomie, aus der Lehre von der geographischen Verbreitung der Thiere u. s. w., sind wir im Stande, die Entwickelung des Menschengeschlechts aus niederen Wirbelthieren, zunächst aus Affen, weiterhin aus Beutelthieren, aus Amphibien, Fischen u. s. w. mit voller Sicherheit zu behaupten, und den Stammbaum des Menschen mit annähernder Sicherheit so zu entwerfen, wie wir es in dem folgenden Vortrage versuchen werden.

Die Naturwissenschaft verfolgt einzig und allein das Ziel der Wahrheit, und sie kann sich diesem Ziele einzig und allein auf dem untrüglichen Wege sinnlicher Erfahrung und denkender Schlussfolgerung aus der Erfahrung, nicht aber auf dem Irrpfade angeblicher Offenbarungen nähern. Es ist der Naturwissenschaft gleichgültig, ob solche, auf sinnlicher Erfahrung beruhende Erkenntnisse den Neigungen, Wünschen und Gefühlen des Menschen angenehm oder widerwärtig, willkommen oder abstossend erscheinen. Sie betrachtet daher mit Gleichgültigkeit den Sturm des Unwillens und des Abscheues, der sich gegen die Entdeckung des menschlichen Stammbaumes erhoben hat. Doch können wir hierbei unsere persönliche Ueber-

zeugung nicht verbergen, dass die Befürchtungen, welche selbst von wohlmeinenden und gebildeten Leuten gegen diese unermessliche Erweiterung unserer Erkenntniss ausgesprochen werden, nicht begründet sind. Weit entfernt, eine Verschlechterung und Erniedrigung des Menschen herbeizuführen, wird die Erkenntniss seiner thierischen Abstammung im Grossen und Ganzen nur zu seiner Verbesserung und Veredelung dienen, und den Fortschritt seiner geistigen Entwickelung und Befreiung in ungewöhnlichem Masse beschleunigen.

Wir kehren hier zurück zu der Betrachtung, mit welcher wir unsern Vortrag begannen, zu der Vergleichung der Copernikus-Newton'schen Theorie mit der Lamarck-Darwin'schen Theorie. Durch das Weltsystem des Copernikus, welches Newton mechanisch (durch die Gesetze der Schwere und der Massenanziehung) begründete, wurde die geocentrische Weltanschauung der Menschheit umgestossen, d. h. der Irrwahn, dass die Erde der Mittelpunkt der Welt sei, und dass die übrigen Weltkörper, Sonne, Mond und Sterne, nur dazu da seien, um sich rings um die Erde herumzudrehen. Durch die Entwickelungstheorie des Lamarck, welche Darwin mechanisch (durch die Gesetze der Vererbung und der Anpassung) begründete, wurde die anthropocentrische Weltanschauung der Menschheit umgestossen, d. h. der Irrwahn, dass der Mensch der Mittelpunkt des Erdenlebens, und die übrige irdische Natur, Thiere, Pflanzen und Anorgane, nur dazu da sei, um dem Menschen zu dienen.

Die Befürchtungen und Anschuldigungen, welche gegen das Weltsystem des Copernikus und gegen die Gravitations-Theorie des Newton allgemein erhoben wurden, haben sich als grundlos und ungerechtfertigt erwiesen. Statt die „sittliche Weltordnung" zu erschüttern, statt die Menschheit dem sittlichen und intellectuellen Verderben zuzuführen, hat sie dieselbe auf eine höhere Stufe der Erkenntniss der Wahrheit erhoben, und dadurch geläutert und veredelt. Sie hat die Culturvölker der finsteren Nacht des traurigen Mittelalters entrissen und sie dem Morgenlichte einer neuen Zeit entgegengeführt. Sie hat die Bande der Unwissenheit und die Fesseln des Aberglaubens zerbrochen, durch welche herrschsüchtige Priester und Fürsten ihre

Mitmenschen zu blinden Werkzeugen ihrer Willkür zu erniedrigen strebten. Die Folterqualen der Inquisition, durch welche die beeinträchtigte Priesterkaste versuchte, die Anhänger der neuen Wahrheit abzuschrecken und niederzuhalten, haben nur dazu gedient, ihren Durchbruch zu beschleunigen und ihre Anerkennung zu verbreiten.

Schicksal und Wirkung der Abstammungslehre von Lamarck und der Züchtungs-Theorie von Darwin werden in mancher Beziehung wohl ähnlich sein. Aber unterstützt von den mächtigen Fortschritten der Neuzeit auf allen Gebieten der Naturwissenschaft wird sich die Lamarck-Darwin'sche Theorie und ihre Anwendung auf den Menschen schneller und allgemeiner die Herrschaft gewinnen, als die Copernikus-Newton'sche Theorie und ihre Anwendung auf die Erde. Viele günstige Umstände treffen zusammen, um der Entwickelungslehre die Bahn zu ebnen. Unsere ganze Weltanschauung ist durch die colossalen Fortschritte der Chemie und Physik, der Zoologie und Botanik heute eine andere geworden. Durch die Eisenbahnen und Telegraphen ist unser Massstab für Raum und Zeit völlig verändert. Durch die Spectralanalyse und die verbesserten Mikroskope sind uns unendliche, früher ungeahnte Bahnen der Erkenntniss erschlossen worden. Durch alle diese Riesenschritte unserer fortschreitenden Geistes-Entwickelung sind wir vorbereitet, die grösste und folgenschwerste Entdeckung von allen zu begreifen, die Entdeckung von der natürlichen Entstehung und dem thierischen Stammbaum des Menschengeschlechts. Mächtig aufklärend und dadurch veredelnd wird sie überall einwirken, und so die Menschheit mehr und mehr ihrem ewigen Ziele entgegen führen: durch das Licht der Wahrheit zum Glück der Freiheit.

Ueber den

Stammbaum des Menschengeschlechts.

Vortrag
gehalten im November 1865
in einem Privatkreise zu Jena.

„Irrthum verlässt uns nie; doch zieht ein höher Bedürfniss
Immer den strebenden Geist leise zur Wahrheit hinan.

Schädliche Wahrheit, ich ziehe sie vor dem nützlichen Irrthum;
Wahrheit heilet den Schmerz, den sie vielleicht uns erregt."

Goethe.

Nachdem wir in dem vorhergehenden Vortrage zu der allgemeinen Erkenntniss gelangt sind, dass die Abstammungslehre auf den Menschen so gut wie auf alle übrigen Organismen ihre Anwendung finden muss, wollen wir in diesem Vortrage die besondere Frage zu lösen versuchen, welche Stellung im Stammbaume der Thiere dem Menschen dadurch angewiesen wird. Wir bedienen uns zur Lösung dieser Aufgabe derselben Führer, durch welche wir überhaupt zur Aufstellung der organischen Stammbäume gelangen, der individuellen und paläontologischen Entwickelungsgeschichte einerseits, der vergleichenden Anatomie andererseits. Je mehr zwei verwandte Organismen in ihrer embryologischen und paläontologischen Entwickelung und in ihrem anatomischen Bau übereinstimmen, desto enger sind sie blutsverwandt, desto näher stehen sie im Stammbaum beisammen.

Es wurde bereits erwähnt, dass wir sämmtliche Thiere als Nachkommen von sechs oder sieben verschiedenen Stämmen betrachten können, welche im Ganzen den von Bär und Cuvier zuerst unterschiedenen Kreisen, Zweigen oder Typen des Thierreichs entsprechen. Es waren das die Stämme oder Phylen der Wirbelthiere (Vertebrata), der Weichthiere (Mollusca), der Gliederthiere (Arthropoda), der Sternthiere (Echinoderma), der Würmer (Vermes) und der Pflanzenthiere (Zoophyta). Die gemeinsame ursprüngliche Wurzel dieser sechs Thier-Phylen ist in der Gruppe der Urthiere (Protozoa) oder der Urwesen (Protista) zu suchen, und zwar können wir uns diese älteste Wurzel nur als einen Organismus von denkbar einfachster Art, als ein strukturloses und formloses Stückchen Urschleim oder Protoplasma, mit einem Worte als ein Moner vorstellen. Die ältesten derartigen Moneren, welche ganz einfache lebendige Eiweissklümpchen darstellten und noch nicht einmal den Formwerth einer einfachsten Zelle besassen, konnten nur durch Urzeugung oder Generatio aequivoca entstanden sein.

Von den genannten sechs oder sieben Phylen des Thierreichs ist für uns hier nur der Stamm der Wirbelthiere (Vertebrata) von Interesse, weil das Menschengeschlecht ein Aestchen dieses Stammes ist[11]). Bisher unterschied man in dem Stamm der Wirbelthiere gewöhnlich vier Klassen, die Fische, Amphibien, Vögel und Säugethiere, zu welchen letzteren auch der Mensch gehört. Vergleicht man jedoch die verschiedenen Wirbelthier-Gruppen genealogisch, und versucht man, auf Grund ihrer Entwickelungsgeschichte und vergleichenden Anatomie, Stufe für Stufe ihren Stammbaum festzustellen, so muss man folgende acht Klassen unterscheiden: 1. Schädellose (Acrania), 2. Unpaarnasen (Monorrhina), 3. Fische (Pisces), 4. Lurchfische (Dipneusta), 5. Lurche (Amphibia), 6. Schleicher (Reptilia), 7. Vögel (Aves) und 8. Säugethiere (Mammalia).

Die erste Klasse der Wirbelthiere, die Schädellosen oder Akranier, werden bloss durch ein einziges kleines Thierchen vertreten, welches so tief unter allen übrigen Thieren dieses Stammes steht, dass sein Entdecker, Pallas, es für eine unvollkommene Nacktschnecke hielt. Dieses höchst merkwürdige Thierchen lebt im Meeressande verschiedener Meere, z. B. der Ostsee, Nordsee, des Mittelmeeres (bei Neapel etc.) und führt den Namen Lanzetthierchen (Amphioxus lanceolatus). Dasselbe besitzt gar keinen Kopf, und also auch weder Schädel noch Gehirn, wie alle übrigen Wirbelthiere, die wir desshalb Schädelthiere (Craniota) nennen. Auch ein eigentliches Herz, wie bei den übrigen, ist hier noch nicht vorhanden; vielmehr wird das Blut im Körper fortbewegt durch regelmässige Zusammenziehung der Blutgefässe selbst. Daher kann man die besondere Klasse, welche das Lanzetthierchen bildet, auch Röhrenherzen (Leptocardia) und im Gegensatz dazu alle übrigen Wirbelthiere, welche ein centralisirtes, beutelförmiges Herz besitzen, Centralherzen oder Beutelherzen (Pachycardia) nennen. Aeusserlich gleicht das Lanzetfischchen einem farblosen oder röthlich schimmernden, halbdurchsichtigen, sehr schmalen, lanzetförmigen Blatt von ungefähr zwei Zoll Länge. Dass aber dieser Amphioxus, trotz des Mangels von Kopf, Schädel, Gehirn

11) Die zu diesem und dem vorhergehenden Vortrage gehörigen Anmerkungen 1—17 stehen auf S. 96—98.

und Herz, doch ein Wirbelthier ist, wird bewiesen durch sein Rückenmark und durch einen unter dem Rückenmark liegenden Knorpelstab, den Rückenstrang oder die Rückensaite (Chorda dorsalis). Diese beiden äusserst wichtigen Organe, Rückenmark und Rückenstrang, sind ausschliessliches Eigenthum aller Wirbelthiere und fehlen allen übrigen Thieren, mit einziger Ausnahme der Seescheiden (Ascidiae). Die Mantelthiere (Tunicata), zu denen diese letzteren gehören, sind die nächsten Blutsverwandten der Wirbelthiere. Auch beim Menschen, wie bei allen übrigen Wirbelthieren, besteht in der frühesten Zeit des embryonalen Lebens das innere Skelet nur aus diesem Rückenstrang und das centrale Nervensystem auch nur aus dem darüber gelegenen Rückenmark. Erst später entwickelt sich durch Auftreibung des vorderen Endes das Gehirn und der das Gehirn umschliessende Schädel. Der Amphioxus bleibt also in der Bildung der wichtigsten Organe zeitlebens auf derselben niedrigsten Stufe der Ausbildung stehen, welche alle übrigen Wirbelthiere während der frühesten Zeit ihres Embryo-Lebens rasch durchlaufen. Offenbar ist dieses seltsame Thierchen der letzte überlebende Rest von einer niederen Wirbelthier-Klasse, welche in sehr früher Zeit der Erdgeschichte (vor der Silurzeit) reich entwickelt war, von der uns aber wegen des Mangels fester Theile keine versteinerten Reste erhalten bleiben konnten. Unter diesen Schädellosen müssen sich die Stammväter der übrigen Wirbelthiere, der Schädelthiere, befunden haben, welche letzteren sich erst später von ihnen abzweigten. Wir müssen daher den Amphioxus mit besonderer Ehrfurcht als dasjenige ehrwürdige Thier betrachten, welches unter allen noch lebenden Thieren allein im Stande ist, uns eine annähernde Vorstellung von unseren ältesten silurischen Wirbelthier-Ahnen zu geben.

Die zweite Klasse der Wirbelthiere erhebt sich zwar hoch über die Schädellosen, bleibt aber dennoch so tief unter den Fischen stehen, dass wir sie nicht, wie es gewöhnlich geschieht, zu diesen rechnen können. Es gehören hierher die allbekannten Neunaugen oder Lampreten (Petromyzontes), welche als leckere Speise so beliebt sind, und die diesen nächstverwandten Inger (Myxinoides). Während bei allen übrigen Schädelthieren die Nase aus zwei paarigen Seitenhälften zu-

sammengesetzt ist, besteht sie hier bei den Petromyzonten und Myxinoiden nur aus einem einzigen unpaaren Mitteltheile, und man kann daher die ganze Klasse Monorrhinen oder Unpaarnasen nennen, im Gegensatze zu allen übrigen Schädelthieren, den Paarnasen oder Amphirrhinen. Während die letzteren sämmtlich drei Bogengänge im Labyrinth des Gehörorgans besitzen, sind bei den ersteren deren nur einer oder zwei vorhanden. Auch fehlen den Monorrhinen die Kiefer im Munde, sowie das besondere sympathische Nervensystem, welche allen Amphirrhinen zukommen. Durch diese und viele andere Eigenthümlichkeiten stehen sie noch tief unter den letzteren, und aller Wahrscheinlichkeit nach haben wir sie als einzige überlebende Reste einer uralten, vormals zahlreichen Wirbelthier-Klasse zu verehren, welche den Uebergang von den Schädellosen zu den Paarnasen bildete. Die Akranier sind die Grossväter, die Monorrhinen die Väter der Amphirrhinen.

Die dritte Klasse der Wirbelthiere, welche die Reihe der Paarnasen oder Amphirrhinen beginnt, enthält die echten Fische (Pisces), kaltblütige Wirbelthiere, welche durch Kiemen Wasser athmen. Es zerfällt diese Klasse in drei Unterklassen, die Selachier, Ganoiden und Teleostier. Die erste Unterklasse, die der Selachier oder Urfische, enthält die Haifische (Squali), die Rochen (Rajae) und die Seekatzen (Chimaerae), welche sämmtlich im Meere leben. Die zweite Unterklasse, die der Ganoiden oder Schmelzfische, war in früheren Zeiten der Erdgeschichte, besonders von der devonischen bis zur Jura-Zeit, sehr reich entwickelt, und bildete die Hauptbevölkerung der damaligen Meere. Dann aber starb sie grösstentheils aus, indem sie schon zur Kreide-Zeit durch ihre Nachkommen, die Teleostier, verdrängt wurde. Gegenwärtig leben davon nur noch einige wenige Ueberbleibsel, und zwar der Polypterus in afrikanischen Flüssen (Nil), der Lepidosteus und Amia in nordamerikanischen Flüssen. Die bekanntesten noch lebenden Ganoiden sind aber verschiedene Arten der Gattung Accipenser, nämlich der Stör und der Sterlett, deren Eier wir als Caviar geniessen, und der Hausen, dessen Schwimmblase uns den Fischleim oder die sogenannte Hausenblase liefert. Die dritte Unterklasse der Fische endlich sind die Teleostier oder Knochen-

fische, welche in der Gegenwart durch massenhafte Entwickelung die beiden anderen Unterklassen weit übertroffen haben, aber erst in der Kreidezeit oder frühestens in der Jurazeit aus den Ganoiden entstanden sind. Hierher gehören die allermeisten jetzt lebenden Seefische und alle Süsswasserfische mit Ausnahme der genannten Schmelzfische.

Die vergleichende Anatomie und Entwickelungsgeschichte der drei Fischgruppen lässt uns glücklicherweise ihren Stammbaum mit der grössten Sicherheit feststellen. Die älteste Fischgruppe sind offenbar die Urfische (Selachii), welche zunächst aus einem Zweige der Monorrhinen entstanden sind; und die ältesten Urfische scheinen wiederum die Haifische (Squali) zu sein, die wir demgemäss und ihrem ganzen Bau nach als die Stammeltern der übrigen anzusehen haben. Auch die Voreltern des Menschen in der Silur-Zeit müssen echte Haifische gewesen sein oder diesen wenigstens sehr nahe gestanden haben. Die heute noch lebenden Haifische werden sich seit jener Zeit sehr wenig verändert haben, viel weniger, als alle übrigen Fische und alle übrigen Paarnasen überhaupt. Ausser dieser direkten, wenig veränderten Hauptlinie haben aber die uralten Haifische der Silur-Zeit auch noch andere Nachkommen hinterlassen, welche sich sehr bedeutend verändert haben. Das sind einerseits die Schmelzfische, aus denen später die Knochenfische hervorgingen, und andererseits die Lurchfische, aus denen vermuthlich später die Amphibien entstanden. Die Ganoiden oder Schmelzfische stammen jedenfalls ebenso von den Urfischen oder Selachiern ab, wie die Teleostier oder Knochenfische von den Ganoiden. Man könnte daher den Selachier-Zweig den Grossvater, und den Ganoiden-Zweig den Vater des Teleostier-Zweiges nennen. Die ältesten Knochenfische, die Thrissopiden der Jura-Zeit, aus denen sich alle übrigen Knochenfische entwickelten, standen unseren heutigen Häringen am nächsten. Weder die Ganoiden noch die Teleostier können Stammväter der höheren Wirbelthiere enthalten, sondern nur die Selachier.

Als eine vierte Wirbelthier-Klasse betrachten wir die Dipneusten oder Lurchfische. Diese höchst merkwürdigen Thiere stehen so sehr zwischen den echten Fischen und den Amphibien in der Mitte, dass die berühmtesten Zoologen

noch heute darüber streiten, ob sie zu den ersteren oder zu den letzteren zu stellen seien. Am richtigsten wird dieser Streit wohl dadurch entschieden, dass man sie als eine besondere Klasse zwischen die Amphibien und Fische stellt. Heutzutage leben von dieser Mittelgruppe nur noch sehr wenige Ueberbleibsel, theils in Australien (Ceratodus), theils im Gebiete des Amazonenstroms in Südamerika (Lepidosiren), theils in afrikanischen Flüssen (Protopterus). Im Winter, während der Regenzeit, leben die Lurchfische im Wasser und athmen Wasser durch Kiemen; im Sommer, während der trockenen Jahreszeit, machen sie sich ein Nest von Blättern in eintrocknendem Schlamm und athmen dann Luft durch Lungen. Das Herz ist wie bei den Amphibien beschaffen. Aeusserlich dagegen gleichen sie mehr gewissen Fischen, und sind auch mit Schuppen wie die Knochenfische bedeckt. Da die Dipneusten nun dergestalt zwischen Fischen und Amphibien mitten inne stehen, ist es sehr wahrscheinlich, dass sie genealogisch diese beiden Klassen verbinden, und dass sie wenig veränderte Nachkommen jener uralten Wirbelthiere sind, welche den Uebergang von den Urfischen zu den Amphibien bildeten.

Die fünfte Wirbelthier-Klasse bilden die echten Amphibien oder Lurche, in dem Sinne, in welchem gegenwärtig dieser Ausdruck beschränkt ist. Es sind also davon ausgeschlossen die eben erwähnten Lurchfische, und die Reptilien, welche man früher gleichfalls zu den Amphibien zählte.

Demnach gehören hierher nur die Panzerlurche und die Nacktlurche. Von den Panzerlurchen leben heutzutage nur noch die kleinen Cäcilien, während die riesigen Labyrinthodonten der Triaszeit längst ausgestorben sind. Zu den Nacktlurchen gehören die drei Ordnungen der Kiemenlurche (z. B. der berühmte Proteus aus der Adelsberger Grotte), der Schwanzlurche (Salamander und Wassermolche) und der Froschlurche (Frösche und Kröten). Von diesen drei Ordnungen sind die Froschlurche ebenso Nachkommen der Schwanzlurche, wie diese von den Kiemenlurchen abstammen. Jeder einzelne Frosch und jede einzelne Kröte durchläuft noch jetzt während ihrer jugendlichen Verwandlung diese drei Stufen, indem sie zuerst die Form der Kiemenlurche, dann diejenige der Schwanzlurche, und endlich diejenige der ausge-

bildeten (kiemenlosen und schwanzlosen) Froschlurche annehmen. Die Kiemenlurche leiten ihre Herkunft jedenfalls von den Urfischen und zwar entweder direkt oder durch Vermittelung der Lurchfische ab.

Die drei Wirbelthier-Klassen, welche nun noch übrig sind, die Reptilien, Vögel und Säugethiere, zeigen unter sich viel nähere Verwandtschaft, als mit den vorhergehenden Wirbelthieren. Zu keiner Zeit ihres Lebens athmen dieselben durch Kiemen, während dies bei den vorhergehenden Klassen stets, wenn auch nur vorübergehend in früher Jugend, der Fall ist. Alle Reptilien, Vögel und Säugethiere sind während ihres embryonalen Lebens (so lange sie von den Eihüllen eingeschlossen sind) von einer besonderen häutigen Umhüllung, dem Amnion umgeben, welche den vorher betrachteten Klassen stets fehlt. Diese und andere Umstände deuten darauf hin, dass die drei Klassen der Reptilien, Vögel und Säugethiere sich aus einer gemeinsamen Stammform entwickelt haben, und diese letztere ist jedenfalls aus einem Zweige der Amphibiengruppe hervorgegangen. Wahrscheinlich hat sich diese gemeinsame Stammform der drei höchsten Wirbelthier-Klassen schon frühzeitig in zwei verschiedene Linien gespalten. Aus der einen Linie sind die Reptilien und Vögel, aus der anderen die Säugethiere hervorgegangen.

Als sechste Wirbelthier-Klasse, welche sich zunächst an die Amphibien anschliesst, würden nun hier die Schleicher oder Reptilien hervorzuheben sein. Zu dieser Klasse gehören die Eidechsen, Schlangen, Krokodile und Schildkröten, sowie die grosse Menge der merkwürdigen drachenartigen Ungeheuer (Saurier), welche während der secundären Periode der Erdgeschichte, in der Trias-, Jura-, und Kreide-Zeit so mannichfaltig entwickelt waren, aber schon zu Ende dieser Periode völlig ausstarben. Alle diese Reptilien sind äusserlich den echten Amphibien (Fröschen, Salamandern, Kiemenlurchen) ähnlich und gleichen ihnen auch durch ihr kaltes Blut. Allein durch die wichtigsten inneren Eigenthümlichkeiten ihres Baues, sowie durch ihre Entwickelung sind sie ganz von den Amphibien verschieden, und zeigen vielmehr die auffallendste Uebereinstimmung mit den

Vögeln, mit denen sie durch ihre äussere Körperform und ihre Lebensweise nur sehr geringe Aehnlichkeit besitzen.

Die Vögel (Aves), welche sich als siebente Wirbelthier-Klasse unmittelbar an die Reptilien anschliessen, haben sich zweifelsohne auch aus dieser letzteren Klasse erst entwickelt, und zwar wahrscheinlich aus Reptilien, welche den Dinosauriern sehr nahe standen. Durch die soeben hervorgehobene Uebereinstimmung der Vögel und Reptilien in den wichtigsten Organisations-Charakteren, wie in der gesammten Entwickelung der Jungen im Eie, wird diese nahe Blutsverwandtschaft, welche auf den ersten Blick sehr befremdend erscheinen mag, ausser allen Zweifel gesetzt. Die Klasse der Vögel ist weiter nichts als ein einzelner Zweig der Reptilien-Gruppe, welcher durch die Anpassung an eigenthümliche Lebensweise eine ganze Anzahl von sehr eigenthümlichen Organisations-Eigenschaften erworben hat.

Die Klasse der Säugethiere (Mammalia), die achte und letzte unter den von uns unterschiedenen Wirbelthier-Klassen, ist die wichtigste und höchstentwickelte von allen. Sie erscheint zwar auf den ersten Blick am nächsten den Vögeln verwandt, mit denen sie unter anderem die warme Bluttemperatur und die vollständige Trennung der rechten und linken Herzhälfte, sowie die höhere Entwickelung des Gehirns und somit auch der Seelenthätigkeit theilt. Indessen werden wir durch eine Reihe von wichtigen Thatsachen aus der Anatomie und Entwickelungsgeschichte der Säugethiere darauf hingewiesen, dass diese Thierklasse sich nicht aus den Vögeln, und auch nicht aus den Reptilien, sondern vielmehr direkt aus den Amphibien entwickelt hat. Wie schon oben bemerkt, können wir allerdings für die drei Klassen der Reptilien, Vögel und Säugethiere eine gemeinsame Ahnenform annehmen, welche sich unmittelbar aus einem Zweige der Amphibien-Klasse hervorbildete. Allein die Nachkommen dieser Ahnenform, welche die Kiemenathmung gänzlich aufgab und dagegen eine Amnion-Hülle entwickelte, gingen schon sehr frühzeitig, vielleicht schon während oder bald nach der Steinkohlen-Periode, in zwei Linien auseinander, einerseits in Reptilien, aus denen später die Vögel entsprangen, andererseits in Mittelformen zwischen Amphibien und Säugethieren, aus denen schliesslich reine Säugethiere entstanden.

Unter allen Klassen des Thierreichs ist nun diejenige der Säugethiere bei weitem die bedeutendste und interessanteste, schon aus dem einzigen Grunde, weil der Mensch ohne allen Zweifel, vom unbefangenen Standpunkte des Naturforschers betrachtet, zu dieser Klasse gerechnet werden muss. Alle Eigenthümlichkeiten und Merkmale, durch welche sich die Säugethiere von allen anderen Thieren unterscheiden, besitzt auch der Mensch, und wenn überhaupt die Abstammungslehre richtig ist, so kann es nicht dem geringsten Zweifel unterliegen, dass auch das Menschengeschlecht aus dieser Klasse durch allmähliche Entwickelung und Umbildung entstanden ist. Wir werden daher nothwendig dem Stammbaum dieser Klasse und der systematischen Eintheilung, welche der Ausdruck des Stammbaums ist, hier unsere besondere Aufmerksamkeit schenken müssen.

Die älteren Naturforscher ordneten die Säugethier-Klasse einfach in eine Reihe von ungefähr 10—15 verschiedenen Ordnungen. Diese Reihe begann mit der Ordnung der Walfische, welche durch die fischähnliche Gestalt ihres Körpers die tiefste Stufe einzunehmen schienen. Sie endete mit der Ordnung der Affen oder Vierhänder, welche der menschlichen Gestalt sich am meisten näherten, und von denen man gewöhnlich das Menschengeschlecht selbst als Ordnung der Zweihänder abtrennte. Die neuere Zoologie, welche weniger auf die äusseren Aehnlichkeiten, als auf die viel bedeutenderen Unterschiede des inneren Baues und der Entwickelung das Hauptgewicht legt, ist dagegen zu einer ganz anderen Eintheilung der Säugethier-Klasse gelangt. Sie unterscheidet zunächst drei Hauptgruppen oder Unterklassen, welche zwar an Umfang äusserst ungleich, aber durch ihre gesammte Anatomie und Entwickelungs-Geschichte so weit von einander geschieden sind, dass man sie sogar als besondere Klassen trennen könnte. Diese drei Unterklassen sind die Schnabelthiere, die Beutelthiere und die Placentalthiere. Wahrscheinlich verhalten sich diese drei Gruppen ähnlich zu einander, wie die Kiemenlurche, Schwanzlurche und Froschlurche unter den Amphibien; d. h. die Schnabelthier-Gruppe ist die Grossmutter, die Beutelthier-Gruppe aber die Mutter der Placentalthier-Gruppe.

Die erste Unterklasse der Säugethiere, die der Schnabel-

thiere (Ornithodelphien oder Monotremen), wird heutzutage nur noch durch zwei lebende Säugethier-Gattungen dargestellt, durch das Wasser-Schnabelthier (Ornithorhynchus paradoxus) und durch das Land-Schnabelthier (Echidna hystrix). Beide Gattungen sind auf Neuholland beschränkt, denjenigen Erdtheil, welcher auch aus so vielen anderen Thier- und Pflanzen-Klassen die einfachsten und unvollkommensten Ausbildungsstufen beherbergt. Diese Stufen sind vom höchsten Interesse, weil sie uns von jener längst entschwundenen Zeit berichten, in welcher die höheren und vollkommneren Stufen derselben Klassen sich noch nicht aus jenen niederen Stufen hervorgebildet hatten. So dürfen wir denn auch die seltsamen Schnabelthiere als die letzten überlebenden Reste jener unvollkommensten, tiefststehenden Säugethier-Gruppe betrachten, welche sich zu Ende der sogenannten primären oder zu Anfang der secundären Periode der Erdgeschichte aus den Amphibien zu entwickeln begann, und aus welcher erst später als eine höher aufsteigende Seitenlinie die Beutelthiere sich entwickelten. Aller Wahrscheinlichkeit nach entfaltete jene Stammgruppe sich während der Secundär-Periode in einer grossen Mannichfaltigkeit von Gattungen und Arten. Da aber die Schlamm-Ablagerungen jenes grossen Zeitraums grösstentheils nur Reste von meerbewohnenden Organismen umschliessen, sind uns keine versteinerten Reste von jenen landbewohnenden oder amphibisch lebenden Schnabelthieren erhalten worden. In ihrer gesammten Organisation und besonders in einzelnen wichtigen Zügen derselben stehen die Schnabelthiere den niederen Wirbelthieren, insbesondere den Amphibien, viel näher, als die übrigen Säugethiere; während sie andererseits schon eine Anzahl von Merkmalen mit den Beutelthieren theilen, welche die Placentalthiere nicht mehr besitzen. Eben hierauf lässt sich die Vermuthung begründen, dass die heute lebenden Schnabelthiere nur wenig veränderte geradlinige Nachkommen jener uralten Stammformen der Säugethiere sind, die den Uebergang von den Amphibien zu den Beutelthieren vermittelten. Die Schnabelthiere verhalten sich daher ähnlich zu den übrigen Säugethieren, wie die Schädellosen (Amphioxus) zu den gesammten übrigen Wirbelthieren. Für den menschlichen Stammbaum aber haben sie das besondere

Interesse, dass sie uns noch heute ein entferntes Schattenbild von jener niedersten Stufe der Säugethier-Organisation vor Augen führen, auf welcher sich unsere Urahnen im Beginn der sogenannten Secundär-Periode befanden.

Die zweite Unterklasse der Säugethiere bilden die sogenannten Beutelthiere (Didelphien oder Marsupialien), welche zwischen der ersten und der dritten Unterklasse, zwischen den Schnabelthieren und Placentalthieren, mitten inne stehen, und wahrscheinlich nicht nur in anatomischer, sondern auch in genealogischer Beziehung die Verbindung zwischen beiden vermitteln. Die Beutelthiere sind Kinder der Schnabelthiere, Eltern der Placentalthiere. Als allbekannte Beispiele der Beutelthiergruppe brauchen hier blos die Känguruhs (Halmaturus) und die Beutelratten (Didelphys) hervorgehoben zu werden, welche in allen zoologischen Gärten leben. Ihren Namen haben die Beutelthiere von dem Umstande erhalten, dass die Jungen, welche in sehr unvollkommenem Zustande geboren werden, eine Zeit lang nach der Geburt, bis zu ihrer völligen Ausbildung von der Mutter in einem Beutel mit herum getragen werden. Die geographische Verbreitung dieser Thiergruppe ist eine sehr beschränkte. Die grosse Mehrzahl aller jetzt lebenden Beutelthiere bewohnt Neuholland und die benachbarten Inseln. Nur eine sehr geringe Anzahl findet sich auch auf den Sunda-Inseln und in Amerika. In grauer Vorzeit jedoch, lange vor Entstehung des Menschengeschlechts, hatten dieselben eine viel grössere Verbreitung. Versteinerte Reste von Beutelthieren finden sich auch in Europa vor. In ihrer gesammten Anatomie und Entwickelungs-Geschichte erheben sich die Beutelthiere bereits bedeutend über die Schnabelthiere, während sie noch tief unter den Placentalthieren stehen bleiben. Wir schliessen daraus, dass sie auch im Stammbaum, ebenso wie im System, zwischen beiden Gruppen den Uebergang bilden. Offenbar sind die Placentalthiere erst viel später (im Beginn der Tertiär-Periode) in ähnlicher Weise aus den Beutelthieren entsprungen, wie diese in viel früherer Zeit (im Beginn der Secundär-Periode) aus den Schnabelthieren entstanden. Diese Vermuthung wird durch die Versteinerungskunde in glänzender Weise gerechtfertigt. Denn alle versteinerten Reste von

Säugethieren, welche wir aus dem langen Zeitraum der Secundär-Periode (aus der Trias-, Jura- und Kreidezeit) besitzen, gehören Beutelthieren an. Alle versteinerten Reste von Placenthalthieren dagegen, welche wir kennen, sind in Erdschichten gefunden worden, welche sich während der darauf folgenden Tertiär-Periode ablagerten. Hieraus geht mit ziemlicher Sicherheit hervor, dass die Placentalthiere erst im Beginn der Tertiär-Periode, oder frühestens am Ende der Secundär-Periode aus Beutelthieren sich entwickelten. Die uralten Ahnen des Menschengeschlechts während der Secundär-Periode gehörten also jedenfalls zur Unterklasse der Beutelthiere, wenn sie auch von den heute lebenden Känguruhs und Beutelratten manche beträchtliche äussere Unterschiede werden dargeboten haben.

Die dritte und letzte Unterklasse der Säugethiere, die der Placentalthiere (Monodelphien oder Placentalien) umfasst alle übrigen Säugethiere, nach Ausschluss der Beutelthiere und der Schnabelthiere. Von allen drei Unterklassen ist diese die bei weitem umfangreichste, und sie ist auch für uns die wichtigste, weil der Mensch zu derselben gehört. Ihren Namen erhielt diese Unterklasse von einem eigenthümlichen und sehr wichtigen Körpertheil oder Organ, das sie vor den Beutelthieren sowohl als vor den Schnabelthieren auszeichnet. Dieses Organ führt den Namen Placenta oder Gefässkuchen, auch Mutterkuchen oder Nachgeburt. Es ist ein schwammiger, weicher, rother Körper von verschiedener Form, welcher grösstentheils aus vielfach verflochtenen und eigenthümlich angeordneten Adern oder Blutgefässen zusammengesetzt ist. Seine Aufgabe besteht darin, das junge Placentalthier während der Zeit vor seiner Geburt, während es sich im Mutterleibe entwickelt, zu ernähren, ihm das Blut der Mutter zuzuführen.

Die verschiedene Bildung und äussere Gestalt dieses Organes ist für die verschiedenen Gruppen oder Ordnungen der Placentalthiere sehr charakteristisch, und man kann dieselben danach wiederum in drei verschiedene Haupt-Ordnungen oder Legionen vertheilen. Diese drei Legionen, welche drei verschiedenen Zweigen des Stammbaum-Astes der Placentalien entsprechen, führen den Namen der Villiplacentalien, Zonoplacentalien und Discoplacentalien. Bei der ersten Legion ist die

Placenta aus vielen einzelnen zerstreuten Knöpfen oder Zotten zusammengesetzt; bei der zweiten Legion ist sie gürtelförmig, bei der dritten Legion endlich scheibenförmig [17]).

Die Legion der Villiplacentalien oder der Zotten-Placentalthiere umfasst drei Ordnungen, nämlich die Zahnlücker, Hufthiere und Walfische. Zur Ordnung der Zahnlücker oder Edentaten, welche in der diluvialen Vorzeit viel stärker als jetzt entwickelt war, gehören die Ameisenfresser, Schuppenthiere, Gürtelthiere, Faulthiere und die diesen nahe verwandten Riesen der Tertiärzeit: Macrotherium, Megatherium, Mylodon, Glyptodon u. s. w. Die Ordnung der Hufthiere oder Ungulaten wird gewöhnlich in drei verschiedene Ordnungen gespalten, nämlich die Einhufer oder Pferde (Solidungula), die Zweihufer oder Wiederkäuer (Ruminantia), und endlich die Vielhufer oder Dickhäuter (Pachydermata), zu welchen letzteren die Schweine, Nashörner, Flusspferde u. s. w. gehören. In der Gegenwart erscheinen diese drei Unterordnungen der Hufthiere in der That selbstständig und scharf getrennt. Sobald man sie aber mit ihren ausgestorbenen tertiären Vorfahren vergleicht, von denen uns zahlreiche versteinerte Ueberbleibsel bekannt sind, wird man gewahr, dass die drei Unterordnungen durch eine Reihe vermittelnder ausgestorbener Zwischenformen auf das Engste zusammenhängen. Wir können daraus den Schluss ziehen, dass alle Hufthiere aus einem einzigen Stamme entsprossen sind, und dass die jetzt lebenden drei Unterordnungen nur drei einzelne Aeste jenes Stammes sind. Ganz nahe verwandt den Hufthieren ist die dritte Legion der Villiplacentalien, diejenige der walfischartigen Thiere oder Cetaceen, zu denen die echten Walfische, die Delphine, Seeschweine, Tümmler, Seekühe u. s. w. gehören. Nur äusserlich sind diese Seethiere den Fischen sehr ähnlich. Durch ihren gesammten inneren Bau dagegen, wie durch ihre Entwickelung, liefern sie deutlich den Beweis, dass sie echte Säugethiere und zwar den Hufthieren nächst verwandte Placentalthiere sind. Durch ziemlich sichere Gründe sind wir zu der Vermuthung berechtigt, dass die walfischartigen Thiere aus den Hufthieren hervorgegangen, dass sie Nachkommen von Hufthieren sind, welche sich an das Leben im Wasser gewöhnt und dadurch fischähnlich umgebildet

haben. Alle Walfische, alle Hufthiere und alle Zahnlücker stimmen darin überein, dass ihre Placenta aus vielen einzelnen zerstreuten Gefässzotten zusammengesetzt und hierdurch, sowie durch den beständigen Mangel der sogenannten „hinfälligen Haut“ (Decidua) wesentlich von der Placenta der Zonoplacentalien und Discoplacentalien verschieden ist. Bei diesen beiden letzteren ist stets eine einzige einfache Placenta vorhanden und eine hinfällige Haut oder Decidua ist ausgebildet [17]).

Die Legion der Zonoplacentalien oder der Gürtel-Placentalthiere, bei welchen die Placenta die Form eines ringförmig geschlossenen Gürtels hat, enthält bloss die echten Raubthiere oder Carnarien, welche auch durch die charakteristische Ausbildung ihres Gebisses und ihres Gehirnes als eine einzige stammverwandte natürliche Gruppe erscheinen. Sie setzt sich zusammen aus den beiden Ordnungen der Landraubthiere (Carnivora) und der Seeraubthiere (Pinnipedia). Zu den letzteren gehören die Seehunde, Seebären, Seelöwen, Walrosse u. s. w., zu den ersteren die Katzen, Hunde, Marder, Dachse, Bären und viele andere. Diese beiden Ordnungen verhalten sich ganz ähnlich zu einander, wie die Hufthiere und Walfische. Aeusserlich sind auch die Land- und Seeraubthiere sehr unähnlich. Allein ihr ganzer innerer Bau, wie ihre Entwickelung, beweist uns deutlich, dass sie nächste Blutsverwandte sind, und dass die Pinnipedien nur durch Anpassung an das Wasserleben so auffallend sich von den Carnivoren, ihren Stammeltern entfernt haben. Lediglich die Angewöhnung an den Aufenthalt im Wasser und die beständigen Schwimmbewegungen haben unter dem Einflusse der natürlichen Züchtung einen Theil der Landraubthiere zu Seeraubthieren, und ebenso einen Theil der Hufthiere zu Walfischen umgebildet. Auch sind noch jetzt Zwischenformen zwischen den land- und wasserbewohnenden Formen beider Gruppen vorhanden, unter den Hufthieren die Flusspferde (Hippopotamus), unter den Raubthieren die Fischottern (Lutra) und noch mehr die Seeottern (Enhydris).

Die vielgestaltige Legion der Discoplacentalien oder Scheiben-Placentalthiere, die dritte und letzte von den drei Legionen der Placentalthiere, ist die umfangreichste und zugleich die wichtigste von allen; denn zu dieser Legion gehört auch

das Menschengeschlecht und aus niederen Stufen dieser Legion hat es sich entwickelt. Die Placenta des Menschen besitzt ganz denselben Bau und ganz dieselbe Form, wie die Placenta aller Affen, Halbaffen, Fledermäuse, Insectenfresser und Nagethiere, und schon aus diesem Grunde können wir die Menschengattung nicht von den übrigen Discoplacentalien trennen. Bei allen diesen Thieren besitzt die Placenta die Form einer einfachen runden Scheibe (Discus) oder eines Kuchens; bei keinem anderen Thiere kommt diese Placenta-Form vor. Durch den Besitz einer hinfälligen Haut oder Decidua schliessen sich die Discoplacentalien eng an die Zonoplacentalien an, so dass diese beiden Gruppen unter sich näher verwandt erscheinen als mit den (der Decidua entbehrenden) Sparsiplacentalien.

Gewöhnlich werden in der Legion der Discoplacentalien fünf Ordnungen unterschieden, nämlich: 1) Nagethiere oder Rodentien (Eichhörnchen, Mäuse, Stachelschweine, Hasen u. s. w.); 2) Insectenfresser oder Insectivoren (Spitzmäuse, Maulwürfe, Spitzhörnchen und Igel); 3) Fledermäuse oder Chiropteren (insektenfressende Fledermäuse oder Nycteriden und früchtefressende Fledermäuse oder Pterocynen); 4) Vierhänder oder Quadrumana (Halbaffen oder Prosimien und echte Affen oder Simien); 5) Zweihänder oder Bimana (der Mensch allein).

Von diesen fünf Ordnungen der Discoplacentalien können wir die drei ersten, die Nagethiere, Insectenfresser und Fledermäuse, unverändert in dem bisherigen Umfange neben einander bestehen lassen. Dagegen müssen die Discoplacentalien der vierten und fünften Ordnung in anderer Weise angeordnet werden. Zunächst müssen wir von den echten Affen (Simiae) als eine besondere Ordnung die Halbaffen (Prosimiae) trennen. Diese letzteren Thiere sind sehr merkwürdig und wichtig. Während in früher tertiärer Vorzeit wahrscheinlich zahlreiche Gattungen und Arten von Halbaffen lebten, ist diese Ordnung in der Gegenwart nur durch wenige noch lebende Formen vertreten, welche sich in die wildesten Gegenden Afrikas und Asiens, nach Senegambien und Madagaskar, Hinterindien und den Sunda-Inseln zurückgezogen haben und in diesen Wildnissen meistens eine nächtliche Lebensweise führen. Die

verschiedenen Gattungen der Halbaffen zeigen auffallende Uebergangsformen zu den anderen Ordnungen der Discoplacentalien. So schliesst sich das Fingerthier von Madagaskar (Chiromys) an die Nagethiere an, die Ohraffen (Otolicnus) und Koboldaffen (Tarsius) an die Insektenfresser, die Pelzflatterer der Sunda-Inseln (Galeopithecus) an die Fledermäuse, und endlich die Lori (Stenops), Indri (Lichanotus) und Maki (Lemur) an die echten Affen. Aus diesen und anderen Gründen dürfen wir wohl die jetzt noch lebenden Halbaffen als die letzten Ueberbleibsel einer uralten und grösstentheils längst ausgestorbenen Stammgruppe betrachten, von welcher, durch Entwickelung nach verschiedenen Richtungen hin, die übrigen vier Ordnungen der Discoplacentalien sich abzweigten. Die Urformen der Nagethiere, Insektenfresser, Fledermäuse und echten Affen wären demnach gewissermassen als vier Geschwister zu betrachten, welche in der Ordnung der Halbaffen ihre gemeinsame Wurzel, ihre Mutter hätten.

Während wir nun so auf der einen Seite durch Trennung der Halbaffen und der echten Affen die Zahl der fünf Discoplacentalien-Ordnungen um eine zu vermehren scheinen, stellen wir diese Zahl auf der anderen Seite dadurch wieder her, dass wir die Ordnung der Menschen oder Zweihänder (Bimana) mit der Ordnung der echten Affen oder Simiae vereinigen. Wie zuerst der berühmte englische Zoolog Huxley in seinen ausgezeichneten „Zeugnissen für die Stellung des Menschen in der Natur“[5]) gezeigt hat, können wir diese beiden Ordnungen nicht mehr aus einander halten. Denn auch die echten Affen (Simiae) haben, ebenso wie der Mensch, vorn zwei Hände und hinten zwei Füsse, und es war ein anatomischer Irrthum, dass man früherhin den Affen vier Hände zuschrieb, und auch ihre Füsse, im Gegensatz zu denen des Menschen, Hände nannte. Dazu kommt nun noch der viel wichtigere Umstand, dass die genaueste Vergleichung aller einzelnen körperlichen Eigenthümlichkeiten des Menschen und der echten Affen Huxley zu folgendem Resultate geführt hat: „Die anatomischen Verschiedenheiten, welche den Menschen von den höchsten Affen (Gorilla und Schimpanse) scheiden, sind nicht so gross, als diejenigen, welche diese höchsten Affen von den niedrigeren trennen.“ In der That, man mag einen Körpertheil hernehmen, welchen man

wolle, stets wird man bei der genauesten Vergleichung finden, dass der Mensch den höchsten Affen näher steht, als diese den niedrigsten Affen. Es würde daher vollkommen gezwungen und unnatürlich erscheinen, wollte man in dem zoologischen Systeme den Menschen als eine besondere Ordnung von den echten Affen trennen. Vielmehr ist die wissenschaftliche Zoologie genöthigt, sie mag wollen oder nicht, dem Menschen einen Platz innerhalb der Ordnung der echten Affen (Simiae) anzuweisen. Wir erhalten somit, von den Halbaffen als der gemeinsamen Stammgruppe ausgehend, folgende fünf Ordnungen der Discoplacentalien: 1) Halbaffen oder Prosimien; 2) Nagethiere oder Rodentien; 3) Insektenfresser oder Insectivoren; 4) Fledermäuse oder Chiropteren; 5) Affen oder Simien (mit Einschluss des Menschen).

Wenn wir uns nun wieder erinnern, dass das natürliche System der Thiere nichts weiter als ihr Stammbaum ist, so kommen wir zu dem Schlusse, dass das Menschengeschlecht zunächst in den echten Affen, weiterhin aber in den Halbaffen, seine uralten Voreltern unter den Discoplacentalien zu suchen habe. So abschreckend und widerwärtig diese Thatsache den meisten Menschen auch erscheinen mag, so kann sie doch gegenwärtig nicht mehr bezweifelt werden. Ja, die Zoologie ist sogar im Stande, gerade diesen wichtigen Abschnitt des menschlichen Stammbaums vollständiger und gesicherter herzustellen, als es an vielen anderen Stellen möglich ist. Wir müssen zu diesem Zwecke noch etwas weiter auf die Systematik der Affen-Ordnung eingehen.

Die Abtheilung der echten Affen oder Simien wird gegenwärtig in zwei Unter-Ordnungen eingetheilt, in Plattnasen (Platyrrhinae) und Schmalnasen (Catarrhinae). Die Gruppe der Plattnasen oder Platyrrhinen enthält sämmtliche Affen der neuen Welt (Amerikas.) Es gehören dahin unter andern die Brüllaffen, Klammeraffen, Kapuzineraffen und Eichhornaffen. Die Gruppe der Schmalnasen oder Catarrhinen dagegen umfasst sämmtliche Affen der alten Welt (Asiens und Afrikas). Dahin gehören die geschwänzten Paviane, Meerkatzen und Schlankaffen, vor allen aber die berühmte Familie der schwanzlosen menschenähnlichsten Affen oder Anthropoiden: die Gibbons

(Hylobates) und der Orang (Satyrus) in Indien, der Schimpanse (Pongo troglodytes) und der Gorilla (Pongo gorilla) im tropischen Afrika.

Die Plattnasen in Amerika und die Schmalnasen in Asien und Afrika stimmen in vielen wichtigen Beziehungen überein. Namentlich sind bei beiden Gruppen alle Finger der Hände und alle Zehen der Füsse mit Nägeln bewaffnet, wie beim Menschen, nicht mit Krallen, wie bei den Krallaffen. Andererseits aber zeigen die beiden Unterordnungen auch manche charakteristische Unterschiede, insbesondere in der Bildung des Gebisses und der Nase. Bei allen Affen der alten Welt sind die beiden Nasenlöcher, wie beim Menschen, nach unten gerichtet, und die senkrechte Nasenscheidewand, welche sie trennt, ist schmal und dünn; daher auch ihre Bezeichnung: Schmalnasen. Bei allen Affen der neuen Welt dagegen ist die Nasenscheidewand breit und besonders unten verdickt, so dass die beiden Nasenlöcher nicht nach unten, sondern seitwärts nach aussen gerichtet sind; daher die entgegengesetzte Bezeichnung: Plattnasen. Wie durch die Nasenbildung, so gleichen die Affen der alten Welt dem Menschen auch durch das Gebiss; sie haben 32 Zähne, nämlich in jedem Kiefer (sowohl im Oberkiefer als im Unterkiefer) 4 Schneidezähne, 2 Eckzähne und 10 Backzähne. Die Affen der neuen Welt dagegen haben 36 Zähne, nämlich in jedem Kiefer rechts und links einen Backenzahn mehr. Offenbar zeigen diese anatomischen Unterschiede, dass die amerikanischen Affen sich unabhängig von den Affen der alten Welt auf ihrem Continente entwickelt haben. Doch ist es wahrscheinlich, dass der Stammvater der amerikanischen Affen von asiatischen Affen abstammt, und also von Asien aus nach Amerika eingewandert ist; vielleicht auch umgekehrt!

Der Mensch verhält sich in allen angeführten anatomischen Beziehungen ganz wie die Affen der alten Welt, und es kann keinem Zweifel mehr unterliegen, dass er von diesen auch wirklich abstammt. Wie die ausführlichsten und genauesten Untersuchungen der neuesten Zeit, namentlich diejenigen von Huxley, überzeugend nachgewiesen haben, sind alle Formunterschiede, welche den Menschen von den menschenähnlichen Affen (dem Gorilla, Schimpanse und Orang) trennen, geringer, als diejenigen

Unterschiede (besonders auch in der Bildung der Gliedmassen und des Schädels), welche die genannten höchsten schwanzlosen Affen von den niederen geschwänzten Affen (namentlich Pavianen) scheiden. Wenn man daher, wie es allgemein geschieht, alle Affen der alten Welt, von dem tiefstehenden Pavian bis zu dem höchst entwickelten Gorilla, in einer und derselben Gruppe der schmalnasigen Affen oder Catarrhinen vereinigt, so ist es ganz unmöglich, den Menschen aus dieser Gruppe des Systems auszuschliessen. Für den Stammbaum des Menschen ergiebt sich daraus unzweifelhaft, dass derselbe seine nächsten thierischen Voreltern unter den Catarrhinen zu suchen hat. Selbstverständlich ist kein einziger von allen jetzt lebenden Affen zu diesen Voreltern zu rechnen. Vielmehr sind dieselben längst ausgestorben, und heutzutage trennt den Menschen vom Gorilla eine fast ebenso tiefe Kluft, als diejenige zwischen dem Gorilla und dem Pavian ist. Darin liegt aber nicht der geringste Beweis gegen die wohlbegründete Annahme, dass die älteste aus den Halbaffen entwickelte Schmalnasenform die gemeinsame Stammform aller übrigen Schmalnasen mit Inbegriff des Menschen wurde. Nur ein einzelner, uns jetzt noch unbekannter und jedenfalls längst ausgestorbener Ast der formenreichen Catarrhinen-Gruppe war es, der unter günstigen Verhältnissen durch die natürliche Züchtung zum Stammvater des Menschengeschlechts umgebildet wurde. Jedenfalls war dieser Umbildungsvorgang von sehr langer Dauer und die versteinerten Affen haben uns bis jetzt weder Ort noch Zeit desselben verrathen. Aller Wahrscheinlichkeit nach aber fand er in Südasien statt, auf welche Gegend so zahlreiche Anzeichen als auf die gemeinsame Urheimath der verschiedenen Menschen-Arten hindeuten. Vielleicht war nicht Südasien selbst die älteste Wiege des Menschengeschlechts, sondern Lemurien, ein südlich davon gelegener Continent, welcher später unter den Spiegel des indischen Oceans versank. Die Zeit, in welcher die Umbildung der menschenähnlichsten Affen zu den affenähnlichsten Menschen stattfand, war vermuthlich der letzte Abschnitt der eigentlichen Tertiärzeit, die sogenannte Pliocen-Zeit, vielleicht schon die vorhergehende Miocen-Zeit.

Ebenso so wenig als unter den Affen, welche heutzutage

die Erde bevölkern, sind auch unter den übrigen Wirbelthieren der Jetztzeit noch unveränderte Nachkommen derjenigen Wirbelthiere zu finden, welche wir nach dem hier entwickelten Stammbaum wirklich als Voreltern und Urahnen des Menschengeschlechts zu betrachten haben. Eben so wenig sind wir auch schon jetzt im Stande, unter den zahlreichen versteinerten Wirbelthier-Resten, die wir in den Schichten der Erdrinde aufgefunden haben, einzelne Arten mit Bestimmtheit auf die Voreltern des Menschengeschlechts zu beziehen. Trotzdem sind wir aber doch durch das ganze System der Wirbelthiere, welches uns deren natürlichen Stammbaum in grossen Zügen enthüllt, in den Stand gesetzt, wenigstens mit einiger Sicherheit die ungefähre Ahnen-Reihe des Menschengeschlechts festzustellen.

Den hier gemachten ersten Versuch habe ich (1866) in der „generellen Morphologie"[2]) und später in der „natürlichen Schöpfungsgeschichte" (1868) weiter ausgeführt[3]).

Im Grossen und Ganzen betrachtet, kann man die thierische Ahnen-Reihe oder Vorfahren-Kette des Menschen in zwei Gruppen bringen, von denen die eine nur Wirbelthiere, die andere dagegen diejenigen wirbellosen Thiere enthält, durch deren allmähliche Umbildung und Vervollkommnung der Stamm der Wirbelthiere erst entstanden ist. Wir können diese wirbellosen Vorfahren der Wirbelthiere (und also auch des Menschen) mit einem Worte als Prochordaten bezeichnen.

Bis vor Kurzem konnten wir über diese Prochordaten nur sehr unsichere und unbestimmte Vermuthungen aufstellen. Da wurde plötzlich das tiefe Dunkel unserer wirbellosen Genealogie durch eine höchst wichtige und überraschende Entdeckung erhellt. Aus den Beobachtungen nämlich, welche Kowalewski 1867 über die individuelle Entwickelung des Lanzetthieres (Amphioxus) und der einfachen Seescheiden (Ascidia, Phallusia) veröffentlichte, ergab sich die ausserordentlich merkwürdige und bedeutsame Thatsache, dass die Ontogenie dieser beiden, scheinbar ganz verschiedenen Thierformen die grösste Uebereinstimmung besitzt. Die wirbellosen Seescheiden oder Ascidien sind Würmer aus der Klasse der Mantelthiere (Tunicata), welche man bisher irrthümlich zu den Weichthieren oder Mollusken rechnete. Im erwachsenen Zustande erscheinen die Seescheiden

als unförmliche Klumpen, welche auf dem Meeresboden festgewachsen sind, und in denen man bei oberflächlicher Betrachtung kaum ein Thier vermuthet. Diese unscheinbaren und unbeweglichen Klumpen entstehen aber erst durch rückschreitende Verwandlung aus frei schwimmenden beweglichen Larven, und diese Larven entwickeln sich ganz in der nämlichen Weise, wie das niederste Wirbelthier, der Amphioxus. Sie erhalten sogar die Anlage des Rückenmarks und des zwischen Rückenmark und Darm gelegenen Rückenstranges (Chorda dorsalis)! Das sind aber die am meisten charakteristischen und eigenthümlichen Theile des Wirbelthierkörpers; und es geht daraus mit untrüglicher Sicherheit hervor, dass die Mantelthiere oder Tunicaten unter allen Wirbellosen die nächste Blutsverwandtschaft mit den Wirbelthieren besitzen.

Gleich den übrigen Würmern werden sich wahrscheinlich die Mantelthiere aus niederen Urwürmern entwickelt haben, welche den heutigen Strudelwürmern und Gastraeaden nahe verwandt waren. Als die Vorfahren dieser letzteren aber müssen wir ganz einfache einzellige Thiere ansehen, wie es noch heutzutage die in allen Gewässern verbreiteten Amoeben sind. Dass auch die ältesten Urahnen des Menschengeschlechts solche ganz einfache Urthiere vom Formwerthe einer einzigen Zelle waren, ergiebt sich mit vollster Klarheit aus der unumstösslichen Thatsache, dass sich jedes menschliche Individuum aus einem Ei entwickelt; und dieses Ei ist, wie das Ei aller anderen Thiere, eine einfache Zelle. Gerade hier springt der innige ursächliche Zusammenhang zwischen der individuellen Entwickelung des einzelnen Organismus und der historischen Entwickelung seines Stammes auf das Klarste in die Augen. Gerade hier ist der einfache Rückschluss von der Ontogenie auf die Phylogenie von der grössten Bedeutung. Wenn man daher unsere Theorie von der thierischen Herkunft des Menschengeschlechts „abscheulich, empörend und unsittlich“ findet, so muss man ganz ebenso „abscheulich, empörend und unsittlich“ die feststehende und jeden Augenblick durch das Mikroskop zu zeigende Thatsache finden, dass das menschliche Ei eine einfache Zelle ist, dass diese Zelle nicht von dem Ei der anderen Säugethiere zu unterscheiden ist, und dass sich aus der-

selben ganz ebenso wie bei diesen ein vielzelliger Körper entwickelt, der im Laufe seiner embryonalen Umbildung die ganze Vorfahren-Kette der Säugethiere in ihren wichtigsten Hauptformen kurz wiederholt. In dieser Vorfahren-Kette oder Ahnenreihe können wir bei dem gegenwärtigen Zustande unserer Kenntnisse ungefähr folgende zweiundzwanzig Stufen unterscheiden, von denen acht zur Gruppe der wirbellosen, vierzehn zum Stamm der Wirbelthiere gehören:

Ahnen-Reihe des Menschen.

Erste Hälfte der menschlichen Vorfahrenkette:

Wirbellose Ahnen des Menschen (Prochordata).

Erste Stufe: Moneren, Organismen von der denkbar einfachsten Beschaffenheit, gleich den heute noch lebenden Protamoeben, Protogenes, Bathybius u. s. w., einzig und allein aus einem formlosen Stückchen von lebendigem Urschleim oder Protoplasma gebildet; die ältesten Moneren, aus denen sich erst später Zellen entwickelten, können nur durch Urzeugung aus anorganischen Verbindungen entstanden sein [12]).

Zweite Stufe: Amoeben, Organismen von dem Formwerthe einer einfachen nackten Zelle, also bloss aus einem formlosen Stücke von lebendigem Protoplasma und einem darin eingeschlossenen Kern oder Nucleus gebildet; wahrscheinlich waren diese einzelligen Urthiere von den heutigen Amoeben nicht sehr verschieden, wie auch heute noch das menschliche Ei von einer eingekapselten Amoeba nicht wesentlich verschieden ist.

Dritte Stufe: Synamoeben oder einfache Amoeben-Gemeinden, gebildet aus einem Haufen von gleichartigen nackten Zellen, ähnlich wie die Labyrinthuleen der Gegenwart, oder wie die brombeerförmige Zellenkugel des gefurchten Eies.

Vierte Stufe: Flimmerschwärmer oder Planaeaden, ähnlich der Flimmerlarve oder Blastula des Amphioxus und vieler wirbelloser Thiere; vielzellige Hohlkugeln, deren Oberfläche mit schwingenden Flimmerhaaren bedeckt ist.

Fünfte Stufe: Gastraeaden oder Gastraeathiere, ähnlich der Gastrula des Amphioxus, welche sich aus den Planaeaden durch Bildung eines Mundes und Darmes entwickelten.

Sechste Stufe: Strudelwürmer oder Turbellarien,

oder wenigstens unbekannte niedere Würmer von sehr einfacher Beschaffenheit, welche sich zunächst aus den Gastraeaden entwickelten, und welche unter den heute bekannten Würmern den Turbellarien am nächsten standen.

Siebente Stufe: Weichwürmer oder Scoleciden, welche den Uebergang zwischen den Turbellarien der sechsten Stufe und den Himategen der achten Stufe vermittelten.

Achte Stufe: Sackwürmer oder Himategen, welche unter allen uns bekannten Thieren den heutigen Mantelthieren (Tunicata) und insbesondere den Seescheiden (Ascidiae) am nächsten standen, und welche gleich diesen die Anlage des Rückenmarks und des darunter gelegenen Rückenstranges (Chorda dorsalis) entwickelten.

Zweite Hälfte der menschlichen Vorfahrenkette:
Wirbelthier-Ahnen des Menschen (Vertebrata).

Neunte Stufe: Schädellose oder Acranier; Wirbelthiere ohne Kopf, ohne Schädel und Gehirn, ohne centralisirtes Herz, ohne Kiefer, ohne Beine; ähnlich dem heute noch lebenden Lanzetthierchen oder Amphioxus.

Zehnte Stufe: Unpaarnasen oder Monorrhinen; Wirbelthiere mit Kopf, mit Schädel und Gehirn, mit centralisirtem Herz; ohne sympathisches Nervensystem, ohne Kiefer, ohne Beine; mit einfachem Nasenrohr; ähnlich den heute noch lebenden Myxinoiden und Lampreten (Petromyzonten).

Elfte Stufe: Urfische oder Selachier; Fische, welche den heute noch lebenden Haifischen oder Squalaceen sehr nahe standen, mit Schwimmblase und Doppelnase, mit zwei Beinpaaren (Flossen) und Kiefern.

Zwölfte Stufe: Lurchfische oder Dipneusten; Wirbelthiere, welche zwischen den Fischen und Amphibien mitten inne standen, mit Kiemen und Lungen, ähnlich dem heute noch lebenden Ceratodus, Lepidosiren und Protopterus.

Dreizehnte Stufe: Kiemenlurche oder Sozobranchien; Amphibien mit bleibenden Kiemen, ähnlich dem heute noch lebenden Proteus in der Adelsberger Grotte.

Vierzehnte Stufe: Schwanzlurche oder Sozuren; Amphibien mit vergänglichen Kiemen, aber mit bleibendem

Schwanze, ähnlich den heute noch lebenden Wassermolchen (Tritonen) und Erdmolchen (Salamandern).

Fünfzehnte Stufe: Uramnioten oder Protamnien, Mittelformen zwischen Salamandern und Eidechsen, welche durch gänzlichen Verlust der Kiemen und Bildung des Amnion die Stammformen der drei höheren Wirbelthierklassen, der Amnionthiere oder Amnioten wurden.

Sechzehnte Stufe: Stammsäuger oder Promammalien, die Stammformen der Säugethierklasse, denen unter den jetzt lebenden Säugethieren die neuholländischen Schnabelthiere am nächsten stehen (Ornithorhynchus und Echidna), mit Kloake, mit Beutelknochen, ohne Placenta.

Siebzehnte Stufe: Beutelthiere oder Marsupialien, ähnlich den heute noch lebenden Känguruhs und Beutelratten, mit Beutelknochen, ohne Kloake, ohne Placenta.

Achtzehnte Stufe: Halbaffen oder Prosimien, ähnlich den heute noch lebenden Loris (Stenops) und Makis (Lemur), ohne Beutelknochen, ohne Kloake, ohne Placenta.

Neunzehnte Stufe: Schwanzaffen oder Menocerken, schmalnasige Affen mit zweiunddreissig Zähnen im Gebiss, mit Schwanz, ähnlich den heute noch lebenden Semnopithecus, Cercopithecus und Colobus.

Zwanzigste Stufe: Menschenaffen oder Anthropoiden, schmalnasige Affen ohne Backentaschen und ohne Schwanz, den heute noch lebenden Orang, Schimpanse und Gorilla ähnlich.

Einundzwanzigste Stufe: Affenmenschen oder Urmenschen (Alali), ähnlich den heute noch lebenden niedersten Menschen-Arten (Papuas, Hottentotten, Australneger etc.), aber noch ohne den Besitz der menschlichen Sprache.

Zweiundzwanzigste Stufe: Menschen, die sich als echte Menschen durch die Ausbildung der menschlichen Sprache und die damit verbundene höhere Gehirn-Entwickelung über die Urmenschen der vorhergehenden Stufe erhoben.

Nachdem wir so die wichtigsten uns bekannten Stufen von der staunenswürdigen Formenkette betrachtet haben, welche die menschlichen Urahnen vom Moner bis zur Ascidie, und vom Lanzetthierchen bis zum Gorillaähnlichen Affen hinauf durchlaufen

haben, liegt es nahe, noch einen Schritt weiter zu gehen, und auch den Stammbaum der verschiedenen Arten des Menschengeschlechts und ihren einheitlichen Ursprung zu erörtern. Da diese Fragen in den letzten Jahrzehnten so eifrig besprochen wurden, so möge hier noch ein flüchtiger Blick auf das Streiflicht gestattet sein, welches die Abstammungslehre auf dieselbe wirft. Doch muss dabei bemerkt werden, dass gerade hier das Urtheil sehr schwankend und unsicher wird, weil die darauf bezüglichen Erfahrungen aus der vergleichenden Anatomie und Ethnographie, aus der vergleichenden Sprachkunde und Archäologie sich vielfach durchkreuzen und widersprechen. Je nachdem der einzelne Forscher diesem oder jenem Beweisgrunde ein höheres Gewicht beilegt, wird sein Urtheil sehr verschieden ausfallen. Hier mehr als anderswo wird unsere Hypothese gegenwärtig noch sehr unbefriedigend erscheinen.

Die vergleichende Sprachforschung, welche für die Erkenntniss der wahren Stammes-Verwandtschaft der jüngeren Zweige des menschlichen Stammbaumes, z. B. der verschiedenen Zweige des indogermanischen Stammes, von so hoher Bedeutung ist, lässt uns leider bei der hochwichtigen Untersuchung über den Ursprung der verschiedenen Menschen-Arten ganz im Stich. Denn es geht aus vielen Thatsachen ziemlich sicher hervor, dass die menschlichen Ursprachen sich erst entwickelten, nachdem bereits die Trennung der verschiedenen Menschen-Arten erfolgt war. Die Urmenschen, welche wir als die gemeinsame Stammform der gleich zu erwähnenden fünf bis zwölf Menschen-Arten (oder -Rassen) betrachten, besassen wahrscheinlich noch keine menschliche Sprache[13]).

Zunächst mag nun die Bemerkung Platz finden, dass die verschiedenen Formen des Menschengeschlechts, welche man gewöhnlich als Rassen oder Spielarten einer einzigen Menschen-Art (Homo sapiens) betrachtet, nach unserer Ansicht ebenso viele gute Arten oder Species darstellen. Denn die Unterschiede in der Hautfarbe, der Beschaffenheit des Haares und dem Schädelbau, durch welche die verschiedenen Menschen-Rassen getrennt werden, sind keineswegs geringer, als diejenigen Unterschiede, durch welche viele anerkannt „gute Arten“ von Thieren einer Gattung im wilden Naturzustande geschieden werden.

Bekanntlich unterscheidet man gewöhnlich nach Blumenbach fünf Menschen-Rassen, welche wir als eben so viele Arten oder Species der Gattung oder des Genus Homo betrachten könnten. Diese sind: 1) die weisse oder kaukasische Rasse (Homo albus); 2) die gelbe oder mongolische Rasse (Homo luteus); 3) die rothe oder amerikanische Rasse (Homo rufus); 4) die braune oder malayische Rasse (Homo fuscus); 5) die schwarze oder afrikanische Rasse (Homo niger).

Der Engländer Prichard, welcher nächst Blumenbach die ausgedehntesten und umfassendsten Untersuchungen über die sogenannten Rassen-Unterschiede des Menschen anstellte, unterschied noch drei weitere Rassen, indem er von der afrikanischen schwarzen Rasse die Hottentotten, von der malayischen braunen Rasse die Australier und die Papuas als besondere Rassen abtrennte. Diese Trennung lässt sich nicht nur durch die verschiedene Hautfarbe und Haarbildung, sondern auch durch die verschiedene Schädelbildung rechtfertigen.

Die menschliche Schädelbildung, über welche man erst neuerdings umfassendere Untersuchungen und Messungen angestellt hat, lässt im Allgemeinen drei verschiedene Grundformen erkennen, welche jedoch vielfach durch Uebergänge verbunden sind: Langköpfe, Mittelköpfe und Kurzköpfe. Die Langköpfe (Dolichocephali), deren einseitigste Ausbildung der Schädel der afrikanischen Neger darstellt, sind langgestreckt, von rechts nach links zusammengedrückt. Die Kurzköpfe (Brachycephali), welche am stärksten bei den asiatischen Mongolen entwickelt sind, erscheinen dagegen kurzgedrungen, fast würfelförmig, von vorn nach hinten zusammengedrückt. In der Mitte zwischen Langköpfen und Kurzköpfen stehen die Mittelköpfe (Mesocephali), welche namentlich bei den amerikanischen Ureinwohnern und auch bei vielen Europäern entwickelt sind.

Die Unterschiede zwischen Langköpfen und Kurzköpfen, zwischen wollhaarigen und schlichthaarigen Völkern, zwischen schwarzer und weisser Hautfarbe, welche in den äussersten Extremen der Menschenformen als unversöhnliche Gegensätze erscheinen, werden durch eine Masse von allmählichen Abstufungen und verknüpfenden Uebergangsformen dergestalt vermittelt, dass es ganz unmöglich ist, die einzelnen Rassen ganz scharf zu

trennen. Dasselbe gilt aber auch von zahlreichen verschiedenen Thier-Formen, die allgemein als verschiedene „gute Arten" anerkannt werden. Wir halten daher einerseits die Menschen-Rassen für ganz „gute Arten". Andererseits aber erblicken wir in jenen vermittelnden Uebergangs-Formen Grund genug für die Annahme eines einheitlichen Ursprungs aller Menschen-Arten. Damit ist jedoch nicht gesagt, dass „alle Menschen von einem Paare abstammen". Denn in der langen Kette von vielen Generationen, welche den Uebergang von den Menschenaffen zu den Affenmenschen und von diesen zu den echten, sprechenden Menschen vermittelten, wird man natürlich kein einzelnes Paar als „das erste Menschenpaar" bezeichnen können.

Die ursprüngliche Urmenschen-Form, von welcher wir alle Menschen-Arten als Abkömmlinge betrachten, ist natürlich längst ausgestorben. Viele Gründe berechtigen uns aber zu der Vermuthung, dass dieselbe aus wollhaarigen Langköpfen von dunkler (bräunlicher?) Hautfarbe bestand. Wir wollen diese hypothetische-Menschen-Art vorläufig als Urmenschen (Homo primigenius) bezeichnen. Wenn wir neben dieser dann auch noch die Eskimos als eine besondere Menschen-Art betrachten, so erhalten wir im Ganzen zehn verschiedene Menschen-Arten, vier wollhaarige und sechs schlichthaarige Arten, von deren Stammes-Verwandtschaft man sich ungefähr folgende annähernde Vorstellung machen kann.

Die erste Menschenart, der Ur-Mensch (Homo primigenius) oder der Affen-Mensch, welcher der Stammvater aller übrigen Arten wurde, entstand aller Wahrscheinlichkeit nach in der Tropenzone der alten Welt aus menschenähnlichen Affen oder Anthropoiden, von denen uns bis jetzt noch keine fossilen Reste bekannt sind, die aber möglicherweise den heute noch dort lebenden Orang und Gorilla ziemlich nahe standen. Von allen jetzt lebenden Menschen-Arten standen wahrscheinlich die drei nächstfolgenden wollhaarigen Arten und von diesen wiederum die demnächst zu erwähnenden Papua-Neger dem Urmenschen am nächsten. Gleich diesen zeichnete sich vermuthlich die Urmenschen-Art durch krauses Wollhaar und dunkelbräunliche oder schwärzliche Hautfarbe aus. Die Schädelform wird langköpfig und schiefzähnig gewesen sein; die Arme lang

und stark, die Beine kurz und dünn, mit ganz unentwickelten Waden. Die Behaarung des ganzen Körpers wird stärker als bei allen jetzt lebenden Menschen-Arten gewesen sein; der Gang nur halb aufrecht, mit gebogenen Knieen. Derjenige Theil der Erdoberfläche, auf welchem die Entwickelung des Urmenschen aus dem nächststehenden schmalnasigen Affen erfolgte, scheint entweder in Süd-Asien, oder in Ostafrika, oder in Lemurien gesucht werden zu müssen. Lemurien ist ein früherer, jetzt unter den Spiegel des indischen Oceans versunkener Continent, welcher sich im Süden des jetzigen Asiens einerseits östlich bis nach Hinter-Indien und den Sunda-Inseln, anderseits westlich bis nach Madagaskar und Afrika erstreckte. Von den verschiedenen Menschenarten, welche aus den Nachkommen der Urmenschen-Art sich im Kampfe um das Dasein durch natürliche Züchtung entwickelten, haben wahrscheinlich zunächst zwei, am meisten von einander sich entfernende Stämme den Sieg über die übrigen davongetragen, ein wollhaariger Stamm, welcher sich theils nach Westen (nach Afrika), theils nach Osten (nach Neu-Guinea) hinüber wandte; und ein schlichthaariger Stamm, welcher sich mehr nach Norden hin, in Asien entwickelte, aber auch Australien bevölkerte. Von beiden Stämmen sind uns vielleicht noch Ueberbleibsel erhalten, von ersterem in den Papuanern und Hottentotten, von letzterem in den Australiern und einem Theile der Malayen.

An die Urmenschen-Art können wir zunächst als eine zweite Menschenart den Papua-Menschen (Homo papua) anschliessen, in dem weiteren Sinne jedoch, dass wir darunter nicht bloss die weiter entwickelten Papua-Neger der Jetztzeit verstehen, sondern auch deren niedrigere, noch mehr affenähnliche Vorfahren, welche dem wollhaarigen oder westöstlichen Zweige der Urmenschen-Art entsprechen. Die heute noch lebenden Ur-Einwohner von Neu-Guinea, Neu-Britannien, den Salomons-Inseln u. s. w. sowie die jetzt ausgestorbenen Bewohner von Tasmanien (Vandiemens-Land), scheinen sich nur sehr wenig von jener ältesten und tiefststehenden Menschen-Art entfernt zu haben. Sie alle haben wolliges Haar und dunkelbräunliche oder selbst ganz schwarze Hautfarbe; auch sind sie schiefzähnige Langköpfe. Während die heute noch lebenden Papuaner sich

von dem ursprünglichen Wohnsitze der Urmenschen-Art nach Osten entfernten, wanderte ein Zweig dieses Stammes vermuthlich nach Westen hinüber und legte den Grund zur Bevölkerung von Afrika. Direkte Nachkommen dieses Zweiges sind möglicher Weise die Hottentotten.

Den Hottentotten-Menschen oder Schmier-Menschen (Homo hottentottus) betrachten wir als eine dritte besondere Menschen-Art. Es gehören dahin nicht bloss die Hottentotten, sondern auch die Buschmänner und einige nächstverwandte tiefststehende Stämme, sämmtlich jetzt auf das südlichste Afrika beschränkt. Schon Prichard trennte dieselben von den echten Negern ab, mit denen Blumenbach sie vereinigt hatte. Sie stehen in vielen Beziehungen, besonders in dem büscheligen Wachsthum des Kopfhaares, den Papuanern näher, als den Negern.

Der echte Neger oder der mittelafrikanische Mensch (Homo afer) bildet eine vierte Menschen-Art, welche uns die langköpfige Schädelform in ihrer äussersten Ausbildung zeigt. Gleich den drei vorhergehenden Arten besitzt sie krauses Wollhaar. Die Farbe ist meistens schwarz, ändert jedoch mannigfach in das Bräunliche ab und wird bisweilen ziemlich hell, bräunlich-gelb, ähnlich wie bei den Hottentotten. Zur äthiopischen Art gehört die Mehrzahl aller Bewohner Afrikas, mit Ausnahme der mittelländischen Bewohner des Nordrandes und der Hottentotten des Südrandes. Wahrscheinlich muss diese Species in zwei verschiedene Arten zerfällt werden, nämlich die mittelafrikanischen eigentlichen Neger (Homo niger) zwischen dem Aequator und 30° nördl. Br., und die südafrikanischen Kaffern (Homo cafer) zwischen 30° südl. Br. und 5° nördl. Br.

Mit dem neuholländischen Menschen (Homo australis), einer sehr tief stehenden fünften Menschen-Art, beginnen wir die Reihe der schlichthaarigen Menschen-Arten. Wir betrachten die heute noch lebenden Australier als die geradlinigen, wenig veränderten Nachkommen jenes oben erwähnten zweiten Hauptzweiges der Urmenschen-Art, welcher sich zunächst besonders in Asien, nördlich von der menschlichen Urheimath ausbreitete und hier die Stammform aller übrigen schlichthaarigen Menschen-Arten geworden zu sein scheint. Mit allen vier

vorhergehenden Menschen-Arten theilen die Australier die entschieden langköpfige und schiefzähnige Schädelform, ausserdem auch die schwarze oder schwarzbraune, seltener heller braune Hautfarbe. Sie entfernen sich aber von ihnen durch das schlichte, straffe Haar, welches nicht mehr wollig ist, wie bei den vier erstgenannten Arten.

Als polynesischen oder malayischen Menschen (Homo polynesius) können wir sechstens an den Australier zunächst jene Menschen-Art anschliessen, welche von der braunen oder malayischen Rasse Blumenbach's noch übrig bleibt, nachdem die Australier und Papuas entfernt sind. Gleich den letzteren sind auch diese vorzugsweise Bewohner Polynesiens oder der australischen Inselwelt, welche vormals ein sehr grosser zusammenhängender Continent gewesen zu sein scheint. Es gehören zu der polynesischen Menschen-Art namentlich die Bewohner Neuseelands, Otaheiti's und der meisten kleinen Südsee-Inseln, sowie ein grosser Theil von den Ur-Einwohnern der Sunda-Inseln und Malakka's. Auch die Bewohner Madagascars stammen von ihnen ab. Sie haben grösstentheils eine heller braune Hautfarbe als die vorhergehenden und einen weniger ausgesprochenen Langkopf. Viele davon sind mehr Mittelköpfe, viele sogar Kurzköpfe. Durch diese und andere Eigenthümlichkeiten, sowie namentlich durch höhere Ausbildung des Gehirns, scheinen sie bereits den Uebergang zu der mongolischen und kaukasischen Rasse zu bilden.

Der gelbe oder mongolische Mensch (Homo mongolus) bildet eine siebente Menschen-Art, welche den grössten Theil Asiens inne hat. Es gehören dahin die Indo-Chinesen, Coreo-Japanesen und Ural-Altajer, mithin alle Bewohner des nördlichen und mittleren Asiens, mit Ausnahme der Polar-Menschen; ferner ein grosser Theil der Süd-Asiaten, und in Europa die Lappen, Finnen und Ungarn. Besonders charakteristisch ist für diese Art die breite, kurzköpfige Schädelform; zwar sind viele Zweige derselben auch Mittelköpfe, aber gar keine echte Langköpfe. Die Hautfarbe ist gewöhnlich gelb oder braungelb, bisweilen hellgelblich; das Haar straff, schwarz und gewöhnlich dünn. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist die mongolische Art aus der malayischen oder polynesischen Art im südlichen Asien

entstanden und hat sich von da aus weiter nach Osten und Norden verbreitet.

Als eine besondere achte Menschen-Art betrachten wir den Polar-Menschen (Homo arcticus), worunter wir die Eskimos und die Hyperboräer, die nahe verwandten Bewohner der nördlichen Polarländer in beiden Hemisphären; der östlichen und westlichen, verstehen. Diese Menschen-Art ist offenbar durch besondere Anpassung an das Polar-Klima aus einem Zweige einer anderen Menschen-Art entstanden, welche dort einwanderte und sich ausbreitete. Wahrscheinlich ist es ein Zweig der mongolischen Art gewesen, welcher sich zuerst dort ansiedelte und die Stammform des Polar-Menschen wurde. Gewöhnlich vereinigt man die Eskimos mit der mongolischen Art, mit der sie die gelbbraune Gesichtsfarbe und das straffe schwarze Haar theilen. Allein sie entfernen sich von dieser kurzköpfigen Art durch ihren Langkopf und andere Eigenthümlichkeiten.

Der rothe oder amerikanische Mensch (Homo americanus), eine neunte Art des Menschen-Geschlechts, umfasst die sogenannten „Ur-Einwohner" von ganz Amerika, nach Ausschluss der Eskimos im nördlichsten Theile. Keinenfalls sind diese „Rothhäute", wie Einige angenommen haben, in Amerika selbst aus einer dortigen anthropoiden Affenform entstanden, sondern sicher aus der alten Welt eingewandert. Am wahrscheinlichsten ist die Abstammung der amerikanischen Ur-Einwohner von Mongolen, welche aus Asien herüberkamen. Von allen übrigen Menschen-Arten steht die mongolische der amerikanischen am nächsten. Die meisten amerikanischen Ur-Einwohner sind Mittelköpfe; ihre Hautfarbe ist röthlich oder rothbraun, seltener gelbbraun. Einige Stämme Amerikas deuten darauf hin, dass ausser den Mongolen auch Polynesier und Mittelländer in Amerika in grauer Vorzeit eingewandert sind, und sich mit ersteren vermischt haben.

Als eine zehnte und letzte Menschen-Art betrachten wir die sogenannte kaukasische oder mittelländiche Rasse, den weissen Menschen (Homo mediterraneus). Diese Art hat sich höher und schöner als alle anderen entwickelt, grösstentheils durch Anpassung an die günstigen Existenz-Bedingungen, welche Europa mit seinem gemässigten Klima und seiner überaus vor-

theilhaften geographischen Gestaltung bot. Aller Wahrscheinlichkeit nach hat sich auch diese Menschen-Art in Asien und zwar im südwestlichen Theile entwickelt, entweder aus einem Zweige der polynesischen (malayischen) Art, oder aus einer älteren Stammform. Während die mittelländische Menschen-Art aus Asien nach Europa wanderte, und auch später, nach geschehener Einwanderung, spaltete sie sich in eine Menge verschiedener Aeste und Zweige, deren Stammbaum-Verhältniss noch zum grossen Theile durch die vergleichende Sprachforschung aufgeklärt werden wird. Als vier verschiedene Rassen des Mittelländers kann man die eigentlichen Kaukasier, die Basken, die Semiten und die Indogermanen unterscheiden. Ausserdem sind aber wahrscheinlich noch als zwei „gute Arten" („bonae species") des Menschengeschlechts zu unterscheiden und von der mittelländischen Species abzutrennen: einerseits die Nubier (Homo nuba) im nördlichen Afrika (Dongolesen im Osten, Fulater im Westen); anderseits die Dravida's (Homo dravida) im südlichen Asien (die Urbewohner Ceylons und die Dekaner in Vorder-Indien).

Ob man das Menschengeschlecht als zoologisches Genus in die eben angeführten zehn Species, oder in einige Arten mehr oder weniger spalten will, ist im Grunde sehr gleichgültig. Bei dem veränderlichen Wesen und der nur zeitweiligen Beständigkeit der organischen Art wird diese Frage in der Menschen-Gattung ebenso wenig als in den Thier- und Pflanzen-Gattungen jemals entschieden werden. Auch ist dieselbe von gar keinem Einfluss auf die von uns hier vertretene Anschauung von dem einheitlichen Ursprung des Menschengeschlechts, und dem nachträglichen Ausstrahlen seiner verschiedenen Species aus einem einzigen ursprünglichen Entwickelungsorte, einem sogenannten „Schöpfungsmittelpunkte". Von den vielen wichtigen Beweisgründen, welche hierfür sprechen, heben wir hier nur noch die interessanten neuen Resultate hervor, welche Weisbach aus sehr zahlreichen vergleichenden Körpermessungen der verschiedenen Menschen-Arten (angestellt von Scherzer und Schwarz auf der österreichischen Novara-Expedition) erhalten hat[14]).

Das unendliche Uebergewicht, welches die weisse Menschen-

Art im Kampfe um das Dasein über die anderen Menschen-Arten gewonnen hat, verdankt sie der natürlichen Züchtung, welche ebenso der Hebel alles menschlichen Cultur-Fortschritts, aller sogenannten „Weltgeschichte", wie aller Arten-Entstehung im Thier- und Pflanzenreich ist. Jenes Uebergewicht wird sich gewiss mehr und mehr auch in Zukunft steigern, dergestalt, dass nur noch wenige andere Menschen-Arten im Stande sein werden, auf längere Zeit den Kampf um's Dasein mit dem weissen Menschen zu bestehen. Von den angeführten zehn Menschen-Arten ist die erste, der Ur-Mensch, schon längst ausgestorben. Von den neun übrigen Arten werden folgende vier in kürzerer oder längerer Frist aussterben: der Papua, der Hottentotte, der Australier und der Amerikaner. Schon jetzt nehmen diese vier Arten von Jahr zu Jahr mehr und mehr ab, und erliegen immer schneller den übermächtigen weissen Eindringlingen. Dagegen werden voraussichtlich die übrigen Menschen-Arten: der äthiopische Mensch in Mittel-Afrika, der arktische-Mensch in den Polargegenden, der Malaye in Sundanesien und der mongolische Mensch in Asien noch auf lange Zeit hinaus den Kampf um's Dasein mit der mittelländischen Menschen-Art glücklich bestehen, weil sie besser als die letztere sich bestimmten örtlichen Existenz-Bedingungen, insbesondere dem Klima, anpassen können.

So traurig an sich auch der Kampf der verschiedenen Menschen-Arten ist, und so sehr man die Thatsache beklagen mag, dass auch hier überall „Macht vor Recht" geht, so liegt doch andererseits ein höherer Trost in dem Gedanken, dass es durchschnittlich der vollkommnere und veredeltere Mensch ist, welcher den Sieg über die anderen erringt, und dass das Endergebniss dieses Kampfes der Fortschritt zur allgemeinsten Vervollkommnung und Befreiung des Menschengeschlechts, zur freien Selbstbestimmung des menschlichen Individuums unter der Herrschaft der Vernunft ist[15]).

Anhang I.

Systematische Uebersicht der acht Wirbelthier-Klassen.

Schädellose (Acrania).			1. Lanzetthiere (Amphioxida).
Schädelthiere (Craniota).	Unpaarnasen (Monorrhina.		2. Rundmäuler (Cyclostoma).
	Paar-Nasen (Amphirrhina).	Amnionlose (Anamnia).	3. Fische (Pisces).
			4. Lurchfische (Dipneusta).
			5. Lurche (Amphibia).
		Amnionthiere (Amniota).	6. Schleicher (Reptilia).
			7. Vögel (Aves).
			8. Säugethiere (Mammalia.)

Anhang II.

Systematische Uebersicht der vierzehn Säugethier-Ordnungen.

I. Schnabelthiere (Monotremata).		1. Wasser-Schnabelthiere (Ornithorhynchida).
		2. Land-Schnabelthiere (Echidnida).
II. Beutelthiere. (Marsupialia).		3. Pflanzenfressende Beutelthiere (Botanophaga).
		4. Fleischfressende Beutelthiere (Zoophaga).
III. Placentalthiere (Placentalia).	Zotten-Placentalthiere (Villiplacentalia.)	5. Halbaffen (Prosimiae).
		6. Hufthiere (Ungulata).
		7. Walfische (Cetacea).
	Gürtel-Placentalthiere (Zonoplacentalia).	8. Landraubthiere (Carnivora).
		9. Seeraubthiere (Pinnipedia).
	Scheiben-Placentalthiere (Discoplacentalia).	10. Zahnlücker (Edentata).
		11. Nagethiere (Rodentia).
		12. Insectenfresser (Insectivora).
		13. Fledermäuse (Chiroptera).
		14. Affen (Simiae).

Anhang III.

Systematische Uebersicht der lebenden Menschenaffen-Arten und Menschen-Arten.

Lebende Menschenaffen (Anthropoides).	Asiatische Menschenaffen (Satyri) Kurzköpfe.	1. Kleiner Orang (Satyrus morio).
		2. Grosser Orang (Satyrus orang).
	Afrikanische Menschenaffen (Pongines) Langköpfe.	1. Schimpanse (Pongo troglodytes).
		2. Gorilla (Pongo gorilla).
Lebende Arten des Menschen-Geschlechts (Homines).	Wollhaarige Menschen (Ulotriches) Langköpfe.	1. Papua (Homo papua).
		2. Hottentotte (Homo hottentottus).
		3. Kaffer (Homo cafer).
		4. Neger (Homo niger).
	Schlichthaarige Menschen (Lissotriches). Meist Kurzköpfe oder Mittelköpfe, weniger Langköpfe.	5. Neuholländer (Homo australis).
		6. Malaye (Homo polynesius).
		7. Mongole (Homo mongolus).
		8. Polarmensch (Homo arcticus).
		9. Amerikaner (Homo americanus).
		10. Mittelländer (Homo mediterraneus).

Anmerkungen und Citate.

1) Charles Darwin, Ueber die Entstehung der Arten im Thier- und Pflanzenreich durch natürliche Züchtung oder Erhaltung der vervollkommneten Rassen im Kampfe um's Dasein. 1859. Uebersetzt von Bronn.

2) Ernst Haeckel, Generelle Morphologie der Organismen. Erster Band: Allgemeine Anatomie der Organismen. S. 167. Zweiter Band: Allgemeine Entwickelungsgeschichte der Organismen. S. 423. Berlin 1866.

3) Ernst Haeckel, Natürliche Schöpfungsgeschichte. Gemeinverständliche wissenschaftliche Vorträge über die Entwickelungslehre im Allgemeinen und diejenige von Darwin, Goethe und Lamarck im Besonderen, über die Anwendung derselben auf den Ursprung des Menschen, und andere damit zusammenhängende Grundfragen der Naturwissenschaft. Sechste verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 15 Tafeln, 19 Holzschnitten, 18 Stammbäumen und 19 systematischen Tabellen. Berlin 1875.

4) August Müller, Ueber die erste Entstehung organischer Wesen und deren Spaltung in Arten. Berlin 1869.

5) Thomas Huxley, Zeugnisse für die Stellung des Menschen in der Natur, übersetzt von Victor Carus. Braunschweig 1863.

6) Carl Vogt, Vorlesungen über den Menschen, seine Stellung in der Schöpfung und in der Geschichte der Erde. 2 Bde. Giessen 1863.

7) Ludwig Büchner, Die Stellung des Menschen in der Natur, in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. Leipzig 1870.

8) Jean Lamarck, Philosophie zoologique, ou Exposition des considérations relatives à l'histoire naturelle des animaux, à la diversité de leur organisation et des facultés, qu'ils en obtiennent, aux causes physiques qui maintiennent en eux la vie et donnent lieu aux mouvements, qu'ils exécutent; enfin à celles qui produisent, les unes le sentiment, et les autres l'intelligence de ceux qui en sont doués. Paris. Dentu. 1809.

9) Ueber die weitere Begründung des wichtigen Satzes, dass die thierische Abstammung des Menschen ein specielles Deductions-Gesetz ist, welches mit Nothwendigkeit aus dem generellen Inductions-Gesetze der Descendenz-Theorie folgt, vergl. meine generelle Morphologie, siebentes

Buch (II. Bd. p. 423), XXVII. Kapitel: „Die Stellung des Menschen in der Natur“, und XXVIII. Kapitel: „Die Anthropologie als Theil der Zoologie“) und meine natürliche Schöpfungsgeschichte (VI. Aufl. S. 646—656).

10) Ueber die äusserst wichtigen ursächlichen Beziehungen, welche zwischen der individuellen und der paläontologischen Entwickelungs-Geschichte der Organismen bestehen, vergl. meine generelle Morphologie, fünftes Buch: Generelle Ontogonie: Allgemeine Entwickelungs-Geschichte der organischen Individuen (Embryologie und Metamorphologie), und sechstes Buch: Generelle Phylogenie: Allgemeine Entwickelungs-Geschichte der organischen Stämme (Genealogie und Paläontologie). Eine allgemein verständliche Erörterung dieses biogenetischen Grundgesetzes enthält der XII. Vortrag der natürlichen Schöpfungsgeschichte, Näheres darüber meine „Studien zur Gastraea-Theorie“ (1877).

11) Die Stammbäume der thierischen Stämme, sowie auch der übrigen organischen Stämme (der Pflanzen und Protisten) sind ausführlich erörtert im XVI.—XXI. Vortrag der natürlichen Schöpfungsgeschichte.

12) Ernst Haeckel, biologische Studien. I. Heft: Studien über Moneren und andere Protisten. Leipzig 1870. (Monographie der Moneren, Beiträge zur Plastidentheorie u. s. w.). Vergl. vorzüglich: „Bathybius und das freie Protoplasma der Meerestiefen“, sowie „die Moneren und die Urzeugung“. Auch im sechsten Kapitel der generellen Morphologie und im dreizehnten Vortrage der natürlichen Schöpfungsgeschichte habe ich die Urzeugungs-Frage kritisch erörtert.

13) Die gänzliche Verschiedenheit und der völlige Mangel an übereinstimmenden Grundzügen in den verschiedenen menschlichen Ursprachen erlauben es nicht, dieselben von einer einzigen gemeinschaftlichen Wurzel abzuleiten. Vielmehr muss man daraus auf eine ganz selbstständige Entstehung der Sprache bei den einzelnen Menschen-Arten und selbst bei einzelnen Zweigen dieser Arten schliessen. Dies ist die Ansicht eines der ersten vergleichenden Sprachforscher, meines Freundes August Schleicher, welcher die Lamarck-Darwin'sche Theorie selbst mit grösstem Erfolge auf die Sprachwissenschaft angewandt hat. Vergl. August Schleicher: die Darwin'sche Theorie und die Sprachwissenschaft. Weimar 1863.

14) Reise der österreichischen Fregatte Novara um die Erde. Anthropologischer Theil, II. Abtheilung. Körpermessungen, an Individuen verschiedener Menschenrassen vorgenommen durch Dr. Karl Scherzer und Dr. Eduard Schwarz, bearbeitet von Dr. A. Weisbach. Wien 1867. Das wichtigste allgemeine Resultat dieser gründlichen Arbeit fasst Weisbach in folgenden Worten zusammen (S. 269): „Die Affenähnlichkeit des Menschen concentrirt sich keineswegs bei einem oder dem anderen Volke, sondern vertheilt sich derart auf die einzelnen Körperabschnitte bei den verschiedenen Völkern, dass jedes mit irgend einem Erbstücke dieser Verwandtschaft, freilich das eine mehr, das andere weniger

bedacht ist, und selbst wir Europäer durchaus nicht beanspruchen dürfen, dieser Verwandtschaft vollständig fremd zu sein."

15) Den Leser, welcher meine in diesen Vorträgen dargestellten Anschauungen ausführlicher begründet zu sehen wünscht, verweise ich theils auf meine generelle Morphologie der Organismen, insbesondere den Stammbaum der Wirbelthiere (Taf. VII) und der Säugethiere (Taf. VIII), theils auf die sechste Auflage meiner natürlichen Schöpfungsgeschichte (1875) und insbesondere auf meine Anthropogenie: Gemeinverständliche wissenschaftliche, Vorträge über Keimes- und Stammes-Geschichte des Menschen. Mit 15 Tafeln und 330 Holzschnitten. Leipzig 1874. (III. Aufl. 1877.)

16) Die Existenz des Bathybius ist neuerdings bestritten, jedoch keineswegs bestimmt widerlegt worden. Vergl. meinen Aufsatz über „Bathybius und die Moneren" im ersten Bande des Kosmos (1877).

17) Die Eintheilung der Säugethiere nach der Form und Beschaffenheit der Placenta ist neuerdings durch die Untersuchungen von Turner und Anderen unsicher geworden. Dagegen bleiben die Placentalthiere als natürliche dritte Hauptgruppe der Säugethier-Klasse stehen.

Ueber

Arbeitstheilung in Natur- und Menschenleben.

Vortrag,

gehalten im Saale des Berliner Handwerker-Vereins

am 17. December 1868.

Müsset im Naturbetrachten
Immer eins wie alles achten;
Nichts ist drinnen, nichts ist draussen:
Denn was innen das ist aussen.
So ergreifet ohne Säumniss
Heilig öffentlich Geheimniss.

Arbeitstheilung zum Gegenstande eines naturwissenschaftlichen Vortrags zu wählen, dürfte vielleicht Vielen seltsam, oder wohl auch insofern überflüssig erscheinen, als fast Jeder mit dem Wesen und den Wirkungen dieses wichtigen Verhältnisses schon aus der Erfahrung des alltäglichen Lebens hinreichend bekannt zu sein glauben wird. Braucht man ja nur den Blick auf irgend einen Verband von menschlichen Individuen in unseren Culturstaaten zu werfen, um überall die Arbeitstheilung, die verschiedenartige Thätigkeit der zu gemeinsamem Zweck verbundenen Individuen als einen der mächtigsten Culturhebel zu erkennen. Ist sie doch die unerlässliche Grundlage, auf welcher die Existenz und Wirksamkeit des ganzen Verbandes beruht.

In jeder Werkstätte, in jeder Fabrik, auf jedem Landgut ist die zweckmässige Vertheilung der verschiedenen Aufgaben an die verschiedenen Arbeiter die erste Vorbedingung für eine gedeihliche Blüthe. Ja für die ganze Entwickelung des menschlichen Culturlebens ist sogar die Arbeitstheilung von solcher fundamentalen Bedeutung, dass man geradezu den Grad der letzteren als Massstab für die Ausbildungsstufe des ersteren benutzen könnte. Den wilden Naturvölkern, die bis auf den heutigen Tag auf der tiefsten Stufe stehen geblieben sind, fehlt mit der Cultur auch die Arbeitstheilung, oder sie beschränkt sich, wie bei den meisten Thieren, auf die verschiedenartige Beschäftigung der beiden Geschlechter. Andrerseits können wir eine Hauptursache der riesigen Fortschritte, welche das Culturleben in den letzten fünfzig Jahren gemacht hat, geradezu in dem ausserordentlich hohen Grade unserer modernen Arbeitstheilung, namentlich auf dem Gebiete der Naturwissenschaften und ihrer praktischen Verwerthung, finden. Die moderne Wis-

senschaft mit ihren Mikroskopen und Instrumenten, der moderne Verkehr mit seinen Eisenbahnen und Telegraphen, der moderne Krieg mit seinen Zündnadeln und Sprenggeschossen — sie sind alle nur möglich durch die unendlich weit gehende Arbeitstheilung unserer Zeit, sie sind nur dadurch möglich, dass jedes Instrument, jede Maschine, jede Waffe, hunderte von Menschenhänden in verschiedener Weise in Bewegung setzt. Wie viele neue Arbeitsformen und Handwerkszeuge sind dadurch in der neuesten Zeit entstanden, und wie umbildend haben diese sowohl auf die Producte der modernen Arbeit, als auch auf den Charakter der Arbeiter und Handwerker eingewirkt!

Neben diesen allgemein bekannten Verhältnissen der Arbeitstheilung gibt es nun aber in der Natur sowohl als im Menschenleben eine Reihe von besonderen Formen derselben, welche nicht minder bedeutend sind und dennoch gewöhnlich ganz übersehen werden. Ja, so seltsam es auch klingen mag, die allerwichtigsten und weitreichendsten Erscheinungen der Arbeitstheilung sind selbst jetzt noch den meisten Menschen ganz unbekannt, und zum Theil erst in den letzten Jahrzehnten durch die Bemühungen der Naturforscher entdeckt worden. Dahin gehören namentlich jene Formen der Arbeitstheilung, welche die Naturforscher als Sonderung oder Differenzirung, als Specification oder Specialisation, als Polymorphismus der Individuen und als Divergenz des Charakters bezeichnen[1]). Gerade für einige von

---

1) Divergenz des Charakters nennt Darwin in dem vierten Capitel seines berühmten Buchs „über die Entstehung der Arten“ diejenige Art der Arbeitstheilung, welche zwischen den an einem und demselben Orte beisammen lebenden Individuen einer und derselben Species stattfindet, und welche im Kampfe derselben um's Dasein zur Bildung von Abarten und weiterhin von neuen Species führt. Diese „Divergenz des Charakters“ der Individuen beruht als morphologischer Process ebenso auf der physiologischen Arbeitstheilung, wie die sogenannte „Sonderung oder Differenzirung der Organe“, welche das Hauptthema der vergleichenden Anatomie bildet. In beiden Fällen ist das Wesentliche des Processes die „Hervorbildung ungleichartiger Formen aus gleichartiger Grundlage“, wie ich im neunzehnten Capitel meiner „generellen Morphologie“ (Berlin, Reimer 1866, II. Bd., S. 253) ausführlich gezeigt habe.

diesen wenig bekannten Erscheinungen, deren Kenntniss doch für das Verständniss des menschlichen Lebens von der höchsten Bedeutung ist, wünschte ich durch diesen Vortrag die wohlverdiente allgemeinere Theilnahme zu erwecken.

Am zweckmässigsten erscheint es hierbei, von denjenigen Verhältnissen im Thierleben auszugehen, welche der bekannten Arbeitstheilung im Menschenleben am nächsten stehen. Denn hier, wie in so vielen anderen Fällen, erkennt der unbefangene Blick des Naturforschers, dass die menschlichen Lebensverhältnisse im Thierleben wiederkehren, und dass die einfacheren Formen des letzteren zu dem wahren Verständniss für die verwickelteren Formen des ersteren führen. Freilich ist leider auch jetzt noch jenes Vorurtheil weitverbreitet, welches in den Erscheinungen des menschlichen Lebens etwas ganz Besonderes, ausserhalb der Natur Stehendes erblickt, und welches jeder Vergleichung mit den verwandten thierischen Erscheinungen den Blick verschliesst. Indess die mächtig fortschreitende Erkenntniss von dem einheitlichen Grunde aller Erscheinungen, mit Inbegriff der menschlichen, reisst täglich mehr jene künstlichen Schranken nieder, und lässt den unbefangen vergleichenden Beobachter klar erkennen, dass der Mensch zwar ein höchst bevorzugter und höchst entwickelter Organismus ist, aber doch nur ein Organismus, welcher Bau und Zusammensetzung, Lebensthätigkeit und Ursprung mit anderen thierischen Organismen theilt. Dieselben ewigen und unabänderlichen Naturgesetze, welche im Leben der Pflanzen und Thiere walten, beherrschen auch das gesammte Menschenleben in fortschreitendem Entwickelungsgang.

„Nach ewigen, eh'rnen
„Grossen Gesetzen
„Müssen wir Alle
„Unsres Daseins
„Kreise vollenden!"

Gerade die Erscheinung der Arbeitstheilung ist vorzüglich geeignet, diese Anschauung zu bekräftigen. Denn wie beim Menschen, so ist auch beim Thiere der höhere Grad der Vollkommenheit wesentlich von dem höheren Grade der Arbeitstheilung abhängig. Es gibt sehr viele Thierarten, bei denen

sich die Arbeitstheilung der gesellig verbundenen Individuen, wie bei den rohesten Naturvölkern, auf ihre einfachste sociale Form, auf die verschiedene Beschäftigung und Ausbildung der beiden Geschlechter, die Ehe beschränkt[1]). Es giebt aber auch manche Thierarten, bei denen die Arbeitstheilung der zu Gesellschaften verbundenen Individuen viel weiter geht, und sogar zur Organisation jener höheren socialen Verbände führt, die wir mit dem Namen der Staaten bezeichnen[2]).

1) Die Ehe, die verschiedenartige Thätigkeit und Ausbildung der beiden Geschlechter, auf welcher das Familienleben des Menschen und der Thiere beruht, ist eine der ursprünglichsten und weitest verbreiteten Formen der socialen Arbeitstheilung. Bei den meisten Thieren hat dieselbe, wie beim Menschen, zu bedeutenden Unterschieden in der körperlichen Formbildung und geistigen Charakterbildung der beiden Geschlechter geführt. Jedoch fehlen diese Unterschiede noch bei vielen niederen Thieren, wo die beiden Geschlechter — abgesehen von der verschiedenen Form der Fortpflanzungsorgane — gar nicht zu unterscheiden sind. Andererseits ist die geschlechtliche Arbeitstheilung, welche das ursprüngliche Wesen der Ehe bildet, bei zahlreichen Thieren viel weiter, als beim Menschen gegangen, und hat zu einer so gänzlich verschiedenen Körperbildung der beiden Geschlechter geführt, dass die Zoologen, ehe sie deren Zusammenhang kannten, sehr häufig Männchen und Weibchen einer Species als zwei ganz verschiedene Species, oder selbst als Thiere zweier ganz verschiedenen Klassen beschrieben haben (so namentlich bei vielen niederen schmarotzenden Crustaceen, und anderen parasitischen Thieren). Die sittliche Basis, durch welche die Ehe bei den höheren Culturmenschen in so hohem Masse veredelt worden ist, fehlt gänzlich vielen niederen Naturvölkern, den amerikanischen Indianerstämmen, vielen Negerstämmen, den Australnegern u. s. w. Bei diesen viehischen Menschen, bei denen das Weib kaum den Rang und die Behandlung eines nützlichen Hausthieres geniesst, kann von einer moralischen Grundlage der Ehe keine Rede sein, viel eher bei den in strenger Monogamie lebenden Thieren, wie den Tauben, Papageyen und vielen anderen Vögeln. Ausser der geschlechtlichen Arbeitstheilung hat übrigens auch die geschlechtliche Auslese oder die von Darwin sogenannte „sexuelle Selection“ bedeutend umbildend auf beide Geschlechter eingewirkt, worüber das neunzehnte Capitel meiner generellen Morphologie Näheres enthält (II. Bd., S. 244).

2) Ueber die Thierstaaten, namentlich diejenigen der Bienen und Ameisen, und ihre Analogien mit den Menschenstaaten, vergl. besonders die „Untersuchungen über Thierstaaten“ von Carl Vogt, sowie Ludwig Büchner, „Aus dem Geistesleben der Thiere“.

Der bekannteste von diesen Thierstaaten ist der monarchische Bienenstaat. An der Spitze desselben steht eine Königin, welche im eigentlichsten Sinne des Wortes die Mutter des ganzen Volkes ist. Dieses besteht aus 15,000—20,000 Arbeitern und aus 600—800 Drohnen oder männlichen Bienen. Den fleissigen Arbeiterbienen fällt alle Last und Mühe des Stockes zu: das Sammeln des Blumenstaubes, die Bereitung von Honig und Wachs, der Bau der Waben, die Pflege der Jungen u. s. w. Die faulen Drohnen, welche den Hofstaat der Königin bilden, leben gleich dieser bloss vom Genuss und ihre einzige Aufgabe ist die Erhaltung der Art.

Die Oekonomie und die merkwürdigen socialen Verhältnisse des Bienenstaats sind so allgemein bekannt, dass wir hier mit ihrer Betrachtung keine Zeit verlieren wollen. Weniger bekannt, aber noch interessanter, sind die Thierstaaten vieler anderer Insectenarten, vor Allen der Ameisen, und der Termiten oder sogenannten „weissen Ameisen". Auch bei diesen Insecten finden wir in einem und demselben Staate wenigstens drei, nicht selten aber auch vier und selbst fünf verschiedene Formen von Individuen vor, welche durch regelmässige Arbeitstheilung entstanden sind. Die drei stets im Ameisenstaat vorhandenen Stände sind: 1) die geflügelten Männchen, 2) die geflügelten Weibchen und 3) die flügellosen Arbeiter, von denen die letzteren an Zahl bei weitem die beiden ersteren übertreffen. Wenn vier Stände ausgebildet sind, so scheiden sich die flügellosen Arbeiter wieder in zwei Gesellschaftsklassen, in eigentliche Arbeiter und in Soldaten, beide von sehr verschiedener Körperbildung.

Wie bei den Bienen, so fällt auch bei den Ameisen und Termiten die ganze Last und Mühe des Lebens auf die unermüdlichen Arbeiter. Die drei andern Stände leben grösstentheils dem Genusse. Die geflügelten Männchen und Weibchen, welche bloss die Art zu erhalten haben, amüsiren sich bei schönem Wetter durch Spazierausflüge und Tanzgesellschaften in der sonnigen Luft. Die Soldaten, welche den Staat zu vertheidigen haben, können an jenen Vergnügungen allerdings keinen Theil nehmen, da sie gleich den Arbeitern flügellos sind. Desto mehr lassen sie sich die leckere Kost schmecken, mit welcher der

Ameisenstaat fortwährend im Ueberfluss durch die Arbeiter versorgt wird.

Die Nahrung der Ameisen besteht bekanntlich aus allen möglichen thierischen und pflanzlichen Stoffen. Die Lieblingsspeise aber sind süsse Säfte, und unter diesen steht als auserlesenes Nationalgericht an der Spitze ein honigähnlicher Saft, welchen die Blattläuse bereiten. Diese kleinen Insecten haben auf dem Rücken zwei Röhren, aus denen jene feinste Delikatesse der Ameisen abfliesst. Die letzteren saugen den süssen Blattlaushonig aus jenen Röhren ebenso, wie wir die Milch von den Kühen melken. Durch Streicheln mit den Fühlhörnern bestimmen sie die Blattläuse, ihren Honig abfliessen zu lassen. Der eifrigste Landwirth kann daher nicht mehr auf die Pflege und Züchtung seiner Kühe bedacht sein, als die Ameisen auf diejenige ihres Melkviehes. Wenn auf dem von Blattläusen bevölkerten Strauche ein Ast welk wird, so tragen die Ameisen sorgfältig die darauf sitzenden Blattläuse auf einen frich grünenden Ast hinüber. Nach dem Strauche hin bauen sie von ihrem Stocke aus kunstvolle bedeckte Gänge. Ja, sie versetzen selbst solche Blattläuse, die auf Wurzelstöcken hausen, sammt diesen in ihre Nester und räumen ihnen dort besondere Ställe ein, um jederzeit das kostbare Melkvieh zur Hand zu haben.

Während so ein Theil der Arbeiter im Ameisenstaate Viehzucht treibt oder den Stock mit anderen Vorräthen verproviantirt, ist ein anderer Theil mit der Erhaltung, Säuberung und Erweiterung der ungeheuren Wohnung beschäftigt, in welcher das ganze Volk des Ameisenstaates beisammen haust. Was sind unsere grössten Paläste, Kasernen, Klöster und Gasthöfe gegenüber diesen Bauten, in denen viele Tausende von Individuen friedlich beisammen wohnen? Aeusserlich freilich sehen die Häuser der meisten Ameisenarten roh und unförmlich genug aus. Aber im Innern bergen sie ein Labryinth von vielen hundert gewundenen Gängen, Korridoren und Treppen, welche Tausende von Kammern und Zimmern in bequeme Verbindung mit einander setzen. Viele von diesen sind Kinderstuben, in denen die junge Brut erzogen wird.

Die Pflege dieser jungen Brut, insbesondere der verpuppten Larven, welche unter dem falschen Namen der Ameiseneier allbe-

kannt sind, fällt einem andern Theile der Arbeiter anheim. Diese Kindermägde, von der zärtlichsten Liebe für ihre Pfleglinge erfüllt, schleppen dieselben bei schönem sonnigen Wetter hinaus an die frische Luft; sobald es aber Abends kühl wird, bringen sie sie wieder in das warme Innere des Stockes zurück. Die Soldaten, obwohl grösser und stärker, nehmen an allen diesen schweren Arbeiten keinen Antheil[1]).

Es gibt übrigens auch Ameisenarten, bei denen sämmtliche Arbeiter zu Soldaten geworden sind und welche demgemäss das menschliche Cultur-Ideal der neuesten Zeit, den modernen Militärstaat, bereits verwirklicht haben. Diese Soldatenstaaten sind dann gezwungen, entweder die häuslichen Arbeiten durch Sclaven besorgen zu lassen, oder nur von Raub und Plünderung zu leben. Das letztere thun z. B. die berüchtigten südamerikanischen Raubameisen aus der Gattung Eciton. Auch hier begegnen wir bei jeder Art wieder vier verschiedenen Formen, den geflügelten Männchen und Weibchen, und zweierlei flügellosen Arbeitern von sehr verschiedener Form und Grösse. Die kleineren Arbeiter, welche die Hauptmasse des ganzen Eciton-Staates bilden, dienen sämmtlich als gemeine Soldaten. Die grösseren Arbeiter dagegen, welche sich vorzüglich durch

---

1) Am weitesten geht die Arbeitstheilung bei den Sahuben, den blättertragenden Ameisen in den brasilianischen Urwäldern (Oecodoma cephalotes). Hier giebt es nicht weniger als drei in Grösse und Körperform gänzlich verschiedene Kasten von Arbeitern, so dass mit Einschluss der geflügelten Männchen und Weibchen nicht weniger als fünf verschiedene Ameisen-Formen in einem und demselben Staate beisammen leben. Die Hauptmasse bilden kleinköpfige Arbeiter, welche die Bäume entlauben, die Blätter derselben ausschneiden und transportiren und die künstlichen Wohnungen des Stocks damit austapezieren. Zwischen ihnen gehen grössere Arbeiter mit sehr grossem und glatten, glänzenden Kopfe umher, welche die Arbeit zu beaufsichtigen und zu leiten scheinen, vielleicht auch zum Schutz der kleinen Arbeiter dienen. Ueber die Bedeutung der dritten Arbeiter-Form, die sich durch dichte Behaarung des kolossalen Kopfes und ein grosses mittleres Stirnauge von der zweiten Form unterscheidet, ist noch nichts Sicheres bis jetzt bekannt. Vergl. über diese Sahuben, sowie über die Raubameisen oder Ecitonen die höchst interessanten Beobachtungen von Walter Bates in dessen trefflichem Reisewerk: Der Naturforscher am Amazonenstrom. Leipzig 1865.

einen sehr grossen Kopf und ungeheure Fresswerkzeuge auszeichnen, befehligen die Armee als Officiere. Gewöhnlich kommt ein Officier auf eine Compagnie von etwa dreissig Mann. Auf dem Marsche sind die Officiere zu beiden Seiten der langen Heersäule vertheilt, und klettern oft auf erhöhte Standpunkte, um von da aus den Zug der Truppen zu überwachen und zu leiten. Die Befehle und Anordnungen, sowie überhaupt alle geistigen Mittheilungen, geschehen bei diesen, wie bei den andern Ameisen, so viel wir wissen, nicht durch Tonsprache, sondern durch Gebärden- und Tastsprache. Insbesondere dienen die Fühlhörner theils durch winkende Bewegungen als Telegraphen zum Zeichengeben in die Ferne, theils durch unmittelbare Berührung zur Mittheilung von Wünschen, Empfindungen und Gedanken an die Umstehenden.

Die Wanderheere dieser Raubameisen verheeren gleich den Vandalen und Hunnen zur Zeit der Völkerwanderung alle Gegenden, die sie durchziehen, und werden von den brasilischen Indianern mit Recht ausserordentlich gefürchtet. Alles Lebendige, was ihnen in den Weg kommt, wird ohne Rücksicht und Erbarmen angegriffen und getödtet. Spinnen und Insecten aller Ordnungen, besonders Larven und Puppen, aber auch selbst Nestvögel und kleine Säugethiere unterliegen ihrem Angriff. Der Mensch, der zu seinem Unglück in ein solches Nomadenheer hineingeräth, wird augenblicklich von dichten schwarzen Schaaren umringt, die mit unglaublicher Wuth und Schnelligkeit zu Tausenden an den Beinen hinauf laufen und mit ihren scharfen Kiefern sich in das Fleisch einbeissen. Die einzige Rettung ist dann, so rasch als möglich an das hintere Ende des Heerzuges zu laufen und wenigstens den Hinterleib der eingebissenen Kämpfer abzureissen; Kopf und Kiefer bleiben meistens in der Wunde stecken und verursachen oft böse Geschwüre.

So furchtbar und blutdürstig diese Nomadenhorden auf ihren Kriegszügen sind, so unterhaltend und lustig erscheinen sie im Bivouak, wenn sie gesättigt und in guter Laune an sonnigen Waldplätzen sich der Ruhe und Erholung hingeben. Zuerst putzen sie sich die Fühlhörner mit den Vorderbeinen. Die Hinterbeine lecken sie sich gegenseitig ab. Dabei treiben sie

allerlei Muthwillen und Kurzweil; auch kommt es oft zu Raufereien zwischen den allzulustigen Soldaten.

Weit merkwürdiger noch als die Militärstaaten der brasilianischen Eciton sind die Sclavenstaaten, oder die sogenannten „Amazonenstaaten“, welche mehrere von unsern einheimischen Ameisenarten bilden, insbesondere die blutrothe und die blonde Ameise (Formica rufa und F. rufescens). Bei diesen Ameisen finden wir nur drei Stände, neben den geflügelten Männchen und Weibchen nur einen Stand flügelloser Arbeiter. Diese arbeiten aber nicht selbst, sondern rauben aus den Stöcken anderer (meist kleinerer, schwarzer) Ameisenarten die Puppen, welche sie gross ziehen, und welche als Sclaven alle Arbeit des fremden Stockes verrichten müssen. Gewöhnlich wird der Sclavenraub von diesen Amazonen-Ameisen in der Weise ausgeführt, dass die gesammte Streitmacht der Schwarzen durch die Hauptmasse der Blonden zum freien Kampf auf offenem Felde hervorgelockt wird, und dass inzwischen eine kleine Schaar von den blonden Räubern in den schwarzen Staat einfällt und die Puppen aus dem von Vertheidigern entblössten Stocke wegschleppt. Die Beobachtung des erbitterten Kampfes selbst ist höchst interessant; die Verwundeten und selbst die Leichen der getödteten Kämpfer werden von ihren Freunden, wie weiland im trojanischen Kriege, aus dem blutigen Getümmel weggeschleppt und hinter der Kampflinie in Sicherheit gebracht. Das Merkwürdigste aber ist, dass die aus den geraubten Puppen aufgezogenen schwarzen Sclaven nicht allein alle Arbeit des Stockes, Baudienste, Futtersammeln, Pflege und Erziehung der Kinder ihrer Herren übernehmen, sondern sogar später sie auf ihren Raubzügen unterstützen und die geraubte Jugend ihres eigenen Stammes zu den Sclavendiensten abrichten [1]).

1) Die Sclavenstaaten der Amazonen-Ameisen, unstreitig die merkwürdigsten socialen Verhältnisse in dem ganzen wunderbaren Haushalt der Ameisen, sind schon im vorigen Jahrhundert von dem ausgezeichneten Genfer Entomologen Huber beobachtet worden. Später sind diese Beobachtungen von Latreille, Carl Vogt und mehreren anderen Zoologen bestätigt worden. Vergl. Carl Vogt's „Vorlesungen über nützliche und schädliche, verkannte und verläumdete Thiere“, sowie namentlich Ludwig Büchner, „Aus dem Geistesleben der Thiere“.

So finden wir hier in den Amazonenstaaten der deutschen Ameisen dasselbe Verhältniss der Sclaverei, welches in den menschlichen Staaten Nordamerikas erst durch den letzten Krieg sein Ende gefunden hat. Man pflegt gewöhnlich diese und ähnliche Einrichtungen im Thierleben, welche den Menschen durch ihre unleugbare Uebereinstimmung mit seinen eigenen Institutionen in Erstaunen versetzen, als Ausflüsse des sogenannten „Instinkts“ zu bezeichnen, und glaubt dieselben dadurch erklärt zu haben. Wenige Worte haben zu so unklarer und verkehrter Auffassung eines grossen Gebietes wichtiger Erscheinungen geführt, wie dieses Wort: „Instinkt“! Man denkt sich dabei meistens, dass einer jeden Thierart beim Schöpfungsakt eine gewisse Summe von Trieben und Fähigkeiten, und dazu noch eine besondere Lebensregel (gewissermassen eine Dienstinstruction) vom Schöpfer mit auf die Welt gegeben wurde, nach welcher dieselbe nun ausnahmslos und unabänderlich leben müsse. Nichts ist irrthümlicher und dem wahren Naturverhältniss widersprechender, als diese weitverbreitete Vorstellung. So wenig die einzelnen Thierarten als solche erschaffen worden sind, so wenig sind ihnen auch ihre besonderen Instinkte, die geistigen Eigenthümlichkeiten der Species, anerschaffen worden. Vielmehr haben sich dieselben durch Arbeitstheilung des centralen Nervensystems bei den verschiedenen Thierarten, im Zusammenhang mit ihrer gesammten Organisation, aus gemeinsamer Grundlage entwickelt[1]). Mit Recht sagt ein ausgezeichneter Naturforscher, dass Derjenige, der eine Grenzlinie zwischen Instinkt und Verstand oder Vernunft ziehen will, sich dadurch allein schon das beste Zeugniss ausstellt, dass er niemals sorgfältig mit prüfendem und unbefangenem Blicke das Leben und Treiben der Thiere, und namentlich der Insecten beobachtet habe.

1) Der Begriff der Schöpfung ist überhaupt unwissenschaftlich, und an seine Stelle setzt die wahre Naturerkenntniss überall den Begriff der Entwickelung. Vergl. hierüber den ersten Vortrag (S. 6) in meiner natürlichen Schöpfungsgeschichte (Gemeinverständliche wissenschaftliche Vorträge über die Entwickelungslehre im Allgemeinen, und diejenige von Darwin, Goethe und Lamarck im Besonderen über die Anwendung derselben auf den Ursprung des Menschen und andere damit zusammenhängende Grundfragen der Naturwissenschaft. (Berlin, Reimer 1868, VI. Auflage 1875.)

Wenn man die angeführte staatliche Organisation bei den Ameisen und Bienen, wenn man überhaupt alle die verschiedenen Verhältnisse in der Oekonomie und Lebensweise der Thiere, und vor allem ihre Arbeitstheilung, als Ausfluss von „blinden Instinkten“ betrachten will, so muss man es mit gleichem Rechte als „blinden Instinkt“ bezeichnen, wenn die Eskimos ihr Zelt aus Rennthierfellen, die nordamerikanischen Indianer aus Büffelhäuten, die brasilianischen Rothhäute dagegen aus Palmenzweigen und Bananenblättern bauen. Man muss es ebenso blinden Instinkt nennen, dass viele Südsee-Insulaner fast bloss von Fischen leben, dass die Chinesen fast bloss Reis, und die Gauchos in den südamerikanischen Pampas fast bloss Fleisch essen. Man muss es ebenso als blinden Instinkt bezeichnen, wenn die Völker Europas, mit einer einzigen Ausnahme, die monarchische Staatsform beibehalten, gleich den Bienen; und wenn andererseits die Völker Amerikas, wieder mit einer einzigen Ausnahme, die republikanische Staatsform vorziehen, gleich den Ameisen.

Das wahre Sachverhältniss ist hier, wie überall, dass die Gewohnheit und überhaupt die Anpassung an die umgebenden Lebensbedingungen die Lebensweise und die socialen Einrichtungen des Menschen ganz ebenso wie des Thieres bestimmt, und dass diese Lebensweise, durch lange Uebung und Gewöhnung befestigt, endlich zur anderen Natur wird. Sie wurzelt als solche in der Art um so fester, je grösser die Zahl der Generationen ist, durch welche sie bereits vererbt wurde. Anpassung und Vererbung in ihrer beständigen gegenseitigen Wechselwirkung, d. h. die natürliche Züchtung durch den Kampf um's Dasein, sind die ewigen Bildungstriebe oder Gestaltungskräfte, welche alle die unendliche Mannichfaltigkeit in der thierischen Organisation und Lebensweise, und somit auch im Seelenleben der Thiere, im sogenannten Instinkt, nach mechanischen Gesetzen hervorbringen [1]).

---

1) Wie die Wechselwirkung zwischen dem inneren Bildungstriebe der Vererbung und dem äusseren Bildungstriebe der Anpassung im Stande ist, als wirkende Ursache auf rein mechanischem Wege (d. h. nach physikalischen und chemischen Gesetzen) die ganze endlose Mannichfaltigkeit der thierischen und pflanzlichen Organisation zu erzeugen, habe ich im elften Vortrage (S. 203) meiner natürlichen Schöpfungsgeschichte

Jeder mit den Entwickelungsgesetzen der Thiere vertraute Naturforscher ist überzeugt, dass alle jene verschiedenen Ameisen-Arten mit ihrer verschiedenartigen Arbeitstheilung von längst ausgestorbenen gemeinsamen Voreltern abstammen, die diese Arbeitstheilung nicht besassen. Diese rohen Ur-Ameisen, welche vor vielen Jahrtausenden, vielleicht schon während der Kreidezeit, lebten, hatten von der vorgeschrittenen Arbeitstheilung der verschiedenen modernen Ameisenstaaten so wenig eine Ahnung, als unsere altdeutschen Vorfahren aus der Steinzeit von der hohen Cultur des neunzehnten Jahrhunderts. Diese wie jene haben sich langsam und allmählich auf der mühevollen Bahn fortschreitender Entwickelung emporgearbeitet. Selbst jetzt noch giebt es einzelne Ameisenarten, welche jene hoch entwickelte Arbeitstheilung der civilisirten Ameisenstaaten nicht kennen, und welche sich zu diesen ganz ähnlich verhalten, wie die rohen Naturvölker Australiens und Afrikas zu den civilisirten Culturvölkern der Gegenwart.

Wenn wir einen Rückblick auf die geistige Entwickelungsgeschichte der Menschheit werfen, von jener altersgrauen Vorzeit an, in welcher die Vorfahren der heutigen Culturvölker noch nicht die thierische Bildungsstufe der rohesten Wilden, der Australneger, Papuas, Buschmänner u. s. w. überschritten hatten; wenn wir sehen, wie langsam und allmählich das Menschengeschlecht seinen eigentlich menschlichen Charakter im Kampf um's Dasein erobert hat, so erkennen wir deutlich, dass das Seelenleben der Menschen sich aus denselben rohen Grundlagen, wie das der Thiere entwickelt hat, und dass der sogenannte „Instinkt" der Thiere sich von der „Vernunft" des Menschen nur quantitativ, nicht qualitativ, nur dem Maasse, nicht der Art nach unterscheidet. Das gilt ebenso von den Seelenbewegungen des Empfindens und Wollens, wie von denjenigen des Denkens, des Urtheilens und Schliessens. Dass aber auch im Besonderen die angeführten Erscheinungen der Arbeitstheilung ebenso im Menschenleben wie im Thierleben in Folge gleichartiger Anpassungs-Bedingungen sich gleichartig entwickelt

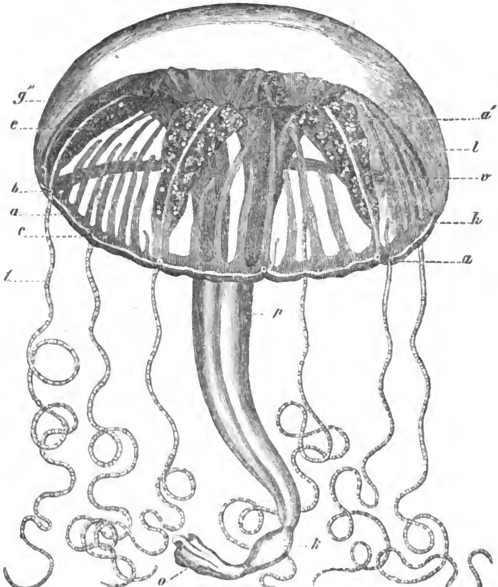
erörtert, und ausführlicher begründet in meiner „allgemeinen Entwickelungsgeschichte" (II. Bd. der generellen Morphologie) S. 223 ff.

haben, das wird Jedem noch klarer werden, wenn er die jetzt noch zu erörternden Erscheinungen der Arbeitstheilung vergleichend ins Auge fasst.

Versetzen wir uns in Gedanken aus den heissen Tropenwäldern Brasiliens, in denen die Raubameisen und die Sahuben ihr buntes Wesen treiben, an die kühlen Gestade unserer norddeutschen Küsten, wo soeben ein frischer Nordwind eine Masse von sogenannten Quallen oder Seeflaggen (Medusen in der Sprache der Zoologen) auf den sandigen Strand getrieben hat. Wer aufmerksam am Strande unserer Ostsee oder Nordsee spazieren gegangen ist, der wird sicher jene seltsamen Gallertthiere kennen, die oft zu tausenden von den Wellen ausgeworfen werden. Wenn man sie so in Haufen daliegen sieht, wie eine schleimige formlose Gallertmasse, hat man freilich keine Ahnung von der wunderbaren Schönheit, welche diese Medusen, im Meere schwimmend, entfalten können. Wenn man sie aber mit dem Wasser, in dem sie schweben, in ein grosses Glasgefäss schöpft, wird man erstaunen über die Anmuth ihrer lebhaften Bewegungen, die Zartheit ihrer schimmernden Farben und die Zierlichkeit ihrer blumenähnlichen Gestalten. (Fig. 1, eine schwimmende Rüsselqualle.)

Die gewöhnlichste von unseren grösseren norddeutschen Medusen heisst Aurelia aurita (Fig. 2, im senkrechten Durchschnitt, Fig. 3 von unten gesehen). Der gallertige, glasartig-durchsichtige Körper dieser Aurelia hat im Ganzen die Form einer flachen Glasglocke. In der Mitte ihrer unteren Fläche sitzt der Mund (Fig. 2 *o*), von vier langen, sehr beweglichen Fangarmen umgeben (Fig. 2 *o''*, Fig. 3 *b*). Zahlreiche sehr feine Fühlfäden (Fig. 3 *t*) hängen am Rande des glockenförmigen Schirms, und auch acht Sinnesbläschen sind regelmässig dazwischen vertheilt (Fig. 3 *a*), wahrscheinlich gleichzeitig als Augen und Ohren thätig. Der Mund (*o*) führt in einen Magen (Fig. 2 *k*, Fig. 3 *v*), von welchem ausstrahlend zahlreiche verästelte Ernährungscanäle zum Schirmrande verlaufen (Fig. 2 *k''*, Fig. 3 *gv*), um sich hier in einem Ringcanal zu vereinigen. Rings um den Magen liegen, im Kreuz gestellt, vier Taschen (*c*), in welchen sich die Eier der Medusen bilden (Fig. 2 *g*, Fig. 3 *ov*).

Fig. 1.

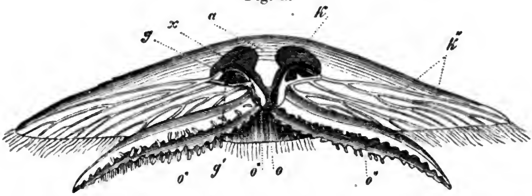


Eine schwimmende Rüsselqualle (Carmarina hastata), aus der Familie der Geryoniden-Medusen. *a* Nervenring am Schirmrande. *a'* Radial-Muskeln. *b* Gehörbläschen. *c* Gefässring am Schirmrande. *e* Centripetal-Canäle, von letzterem ausgehend. *g''* dreieckige blattförmige Eierstöcke. *h* Randspangen des Schirms. *k* Magen. *l* Gallertmasse des Schirms. *o* Mund. *p* Magenstiel. *t* Fangfäden oder Tentakeln. *u* Aussenwand des Schirms. *v* Velum oder Schwimm-Haut.

Die Thierklasse, zu welcher die Aurelia und die verwandten Quallen gehören, führt den Namen der Hydrome-

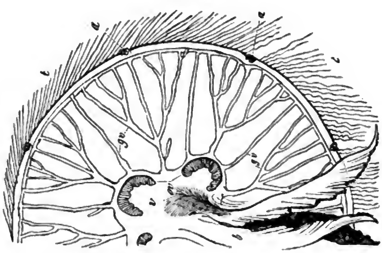
dusen. Zu derselben Klasse gehören auch die sogenannten Hydroid-Polypen, welche aber äusserlich den frei schwim-

Fig. 2.



Eine Ohrenqualle (Aurelia aurita) aus der Ostsee, im senkrechten Durchschnitt. *a* Gallertschirm. *o* Mund. *o''* Zwei von den vier Mundarmen, mit Brutbeuteln besetzt. *o'* deren Basis, durchschnitten (Mundpfeiler). *g* Eierstöcke. *k* Magen. *k''* Verästelte Gefässe, welche vom Magen zum Schirmrande gehen; letzterer ist mit vielen feinen Fangfäden besetzt.

Fig. 3.

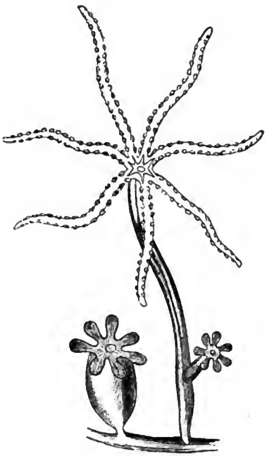


Dieselbe Ohrenqualle (Aurelia aurita) von unten gesehen; die eine Hälfte (unten) ist weggelassen. *a* Sinnesbläschen (Augen und Ohren) am Schirmrand. *t* Fangfäden. *b* Mundarme. *v* Magenhöhle. *ov* Eierstöcke in deren unterer Wand. *gv* Verästelte Strahlcanäle, die vom Magen zum Schirmrande gehen und dort in einem Ringcanal zusammenfliessen.

menden Quallen höchst unähnlich sind, und festgewachsen auf dem Meeresboden oder auf Seetang aufsitzen. Ein einziges kleines Thierchen dieser Gruppe lebt auch sehr verbreitet in unsern Teichen und Tümpeln, der kleine Süsswasserpolyp oder die Hydra. (Fig. 4.) Man findet dies zierliche Thierchen sehr häufig an der Unterfläche der Wasserlinsen oder der Seerosenblätter angeheftet. Zusammengezogen

(Fig. 4 links) ist es ein grünes oder orangerothes Klümpchen von der Grösse eines Stecknadelknopfes, ausgedehnt aber ein zolllanger dünner Faden (Fig. 4 rechts). Am einen Ende sitzt der Körper fest angesaugt. Am andern Ende befindet sich, umgeben von einem Kranze von vier bis acht feinen Fangarmen, der Mund, der hier in eine einfache Magenhöhle führt.

Fig. 4.



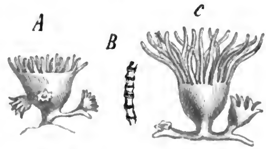
Unser Süsswasserpolyp pflanzt sich in der einfachsten Weise gleichartig fort, indem er entweder durch Eier oder durch Knospenbildung immer wieder seines Gleichen erzeugt. Allein im Meere leben zahlreiche Hydroid-Polypen, welche von jenem kaum zu unterscheiden sind, und dennoch in der verschiedensten und merkwürdigsten Weise sich fortpflanzen, nämlich in Zusammenhang mit den vorher geschilderten Medusen (Fig. 5—7).

Aus den Eiern der Medusen nämlich entstehen nicht wiederum Medusen, sondern der Hydra gleiche Polypen, und diese Hydroidpolypen erzeugen durch Knospenbildung nicht Polypen, sondern wiederum Medusen. So gleicht denn bei diesen Hydromedusen die Tochter nicht der Mutter, sondern der Grossmutter. Die erste Generation ist der dritten und fünften, die zweite Generation der vierten und sechsten gleich. Beide Generationsformen einer jeden Art sind aber so verschieden, dass man sie früher, ehe man ihren Zusammenhang ahnte, als zwei gänzlich verschiedene Thierklassen betrachtete, als Medusen und Polypen.

Bei den höheren Medusen oder den Acraspeden, zu denen unsere Aurelia (Fig. 2, 3) gehört, entwickelt sich aus dem Ei ein Hydra-Polyp (Fig. 5), welcher sich durch Knospung

vermehrt. Aus dem Munde jeder einzelnen Knospe wächst eine Reihe von jungen Medusen hervor, welche zusammen einen zapfenähnlichen Körper bilden (Strobila, Fig. 6). Nach und nach lösen sich die reifenden jungen Medusen unten vom Ende des Zapfens ab und verwandeln sich in die viel höher organisirte Acraspeden-Form (Fig. 2, 3).

Fig. 5.



Hydra-Polypen (Scyphistoma), aus Eiern einer acraspeden Meduse entstanden. *A* Ein Polyp mit 3 Knospen. *B* Ein Fangfaden desselben, stärker vergrössert. *C* Ein Polyp mit Wurzelausläufern, aus denen zwei Knospen entspringen.

Bei den niederen Medusen hingegen, oder den Craspedoten, zu denen die Rüsselqualle (Fig. 1) gehört, bilden die Polypen (der ersten Generation), die aus den Medusen-Eiern entstanden sind, meistens durch Knospen baumförmig verzweigte oder kriechende Stöckchen. Auf diesen Stöckchen sprossen entweder Medusen hervor, die sich später ablösen; oder besondere Büchsen (umgewandelte Polypen), in deren jeder sich zahlreiche Medusen durch Knospung entwickeln (Fig. 7 *f*). Ein solches Stöckchen kann dann

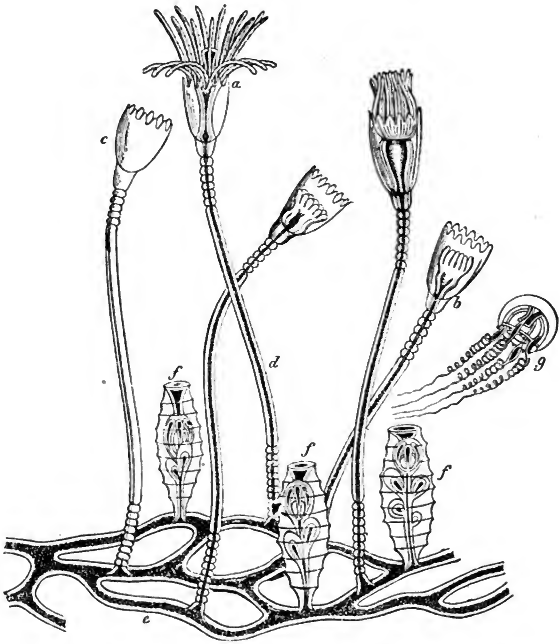
Fig. 6.



Zwei Medusen-Zapfen (Strobila), durch Endknospung aus zwei Hydrapolypen (Fig. 5 *C*) entstanden. Jeder Zapfen besteht aus acht jungen Medusen, die kettenartig an einander gereiht sind. *a* der ältere, *b* der jüngere Zapfen.

zweierlei verschiedene, äusserlich ganz unähnliche Personen tragen, die durch **Arbeitstheilung** aus einer und derselben ursprünglichen, Hydra-ähnlichen Polypen-Form entstanden sind.

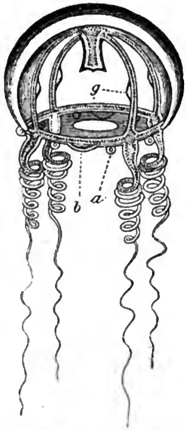
Fig. 7.



Ein kriechendes Polypenstöckchen (Campanularia Johnstoni). Auf dem kriechenden Wurzelgeflecht (*e*) sitzen zweierlei, durch Arbeitstheilung ganz verschieden entwickelte Hydra-Polypen, langstielige „Nahrungs-Polypen" (*a*—*d*) und kurzstielige „Zeugungs-Polypen" (*f*). Die letzteren bilden Knospen, die sich zu Medusen umbilden und fortschwimmen (*g*). Die ersteren können ihren vorgestreckten Leib (*a*) in eine hornige Kapsel (*c*) zurückziehen (*b*). Ihr Stiel (*d*) ist oben und unten geringelt.

Die eine Gruppe von Polypen, die langstieligen „Nahrungspolypen oder Fresspolypen“ (Fig. 7 *a b*) beschäftigen sich bloss mit Essen, Trinken und Verdauen, können aber keine Eier mehr bilden. Sie haben ihren offenen Mund und ihren Tentakelkranz behalten, aber die Fähigkeit der Zeugung verloren. Die andere Gruppe von Polypen, die kurzstieligen „Zeugungspolypen“ oder Ammenpolypen (Fig. 7 *f*) haben ihren Tentakelkranz verloren und ihre Mundöffnung ist zugewachsen. Dagegen sprossen aus ihrer Magenwand zahlreiche Knospen hervor, die sich später ablösen (Fig. 7 *g*) und zu frei schwimmenden, später Eier legenden Medusen entwickeln (Fig. 8).

Fig. 8.



Eine Meduse (Eucope). In der Mitte des glockenförmigen Körpers hängt oben der Magen, von welchem vier Ernährungs-Canäle zum Rande des Schirmes gehen. In der Mitte der Canäle liegen die Eier (*g*). Am Rande des Schirms (*b*) hängen vier Fangfäden und dazwischen acht Gehörbläschen (*a*).

Eine ähnliche abwechselnde Reihenfolge von zwei oder selbst drei gänzlich verschiedenen Generationen ist bei den niederen Thieren weit verbreitet und unter dem Namen des Generationswechsels bekannt. Man kann aber auch diesen merkwürdigen Generationswechsel wieder als das Resultat einer Arbeitstheilung auffassen, und zwar einer Arbeitstheilung auf dem Gebiete des Entwickelungslebens[1]). Die zwei gänzlich verschiedenen Thier-

1) Die Anschauung, dass „der Generationswechsel der Thiere durch eine Arbeitstheilung auf dem Gebiete des Entwickelungslebens bedingt ist“, hat vorzüglich Rudolf Leuckart auseinandergesetzt in seiner Schrift „über den Polymorphismus der Individuen oder die Erscheinungen der Arbeitstheilung in der Natur“ (Giessen, Ricker, 1851). So richtig diese Anschauung in vielen Fällen ist, so kann sie doch keineswegs allgemeine Gültigkeit beanspruchen. Vielmehr giebt es viele Fälle von Generationswechsel, welche offenbar als periodischer Rückschlag oder Atavismus aufzufassen und durch das Gesetz der unterbrochenen

formen, die Medusen, aus deren Eiern die Polypen entstehen, und die Polypen, aus deren Knospen wiederum Medusen hervorgehen, sind zwei verschiedene Formen einer und derselben Art oder Species, in ähnlicher Weise durch Arbeitstheilung aus einer gemeinsamen Stammform entstanden, wie die verschiedenen Arbeiterformen im Ameisenstaate.

Fig. 9.



Eine Staatsqualle oder Siphonophore (Physophora), im Meere schwimmend. *a* Luftblase oder Schwimmblase an deren oberen Ende. *m* Schwimm-Personen oder Schwimm-Glocken; *o* deren Schirm-Oeffnung. *t* Gefühlspersonen oder Tast-Polypen. *g* Eibildende oder weibliche Personen. *n* Nähr-Personen oder Ess-Polypen.

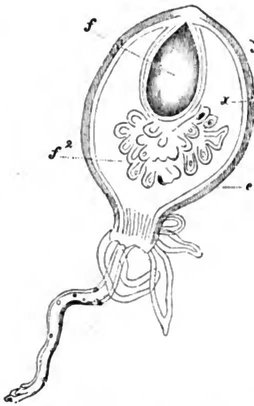
Das klarste Licht fällt auf den regelmässigen Generationswechsel der Medusen und Polypen durch die höchst wunderbaren schwimmenden Hydromedusenstöcke, welche die Zoologen mit dem Namen Siphonophoren oder „Staatsquallen" bezeichnen, und welche zu den prachtvollsten Erscheinungen der südlichen Meere gehören. Im Mittelmeere, namentlich in der Meerenge von Messina, erscheinen dieselben zu gewissen Zeiten in dichten Schwärmen. Ihrem Gesammteindruck nach kann man sie mit einem schwimmenden Blumenstock voll prächtiger bunter Blüthen und Früchte vergleichen, dessen Theile alle aus durchsichtigem Krystallglase geschaffen zu sein scheinen, dabei aber Leben und Seele eines Thieres, willkürliche Bewegung, Empfindung und Selbstbewusstsein besitzen. Wir wollen die verwickelte Zusammensetzung eines dieser wunderbaren Thierstöcke etwas näher ins Auge fassen!

oder latenten Vererbung zu erklären sind (Generelle Morphologie, II. Bd., S. 181, und Natürliche Schöpfungsgeschichte, S. 161).

(Vergl. das Titelbild und dessen hinter dem Text folgende Erklärung[1]), sowie Fig. 9.)

An einem sehr elastischen, oft mehrere Fuss langen Mittelstamme der gemeinsamen Körperaxe, sitzen rings herum Hunderte und oft Tausende von Medusen und Polypen an, welche durch Arbeitstheilung eine höchst verschiedene Form und Bildung angenommen haben. Der Centralstamm selbst (Fig. 9 *a*) ist Nichts Anderes als ein sehr verlängerter einfacher Polypenleib, unten geschlossen, oben aber zu einer mit Luft gefüllten Schwimmblase ausgedehnt, welche den ganzen Thierstaat an der Meeresoberfläche schwimmend erhält (Fig. 10). Unter dieser Luftblase sitzt eine doppelte Reihe von glockenförmigen Medusen, welche durch ihre der Willkür unterworfenen gemeinsamen Schwimmbewegungen die ganze Gesellschaft im Meere umherfahren und daher den Namen der Locomotiven führen (Fig. 9 *m*). Jede Locomotive (Fig. 11, 12) ist eigentlich eine einfache Meduse, aber ohne Arme, ohne Ernährungs- und Fortpflanzungs-Organe. Indem sie sich ausschliesslich zum Schwimmen ausbildete, verlor sie die übrigen

Fig. 10.



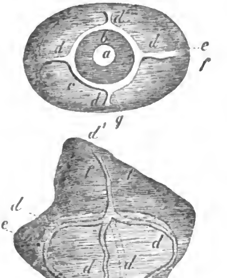
Schwimmblase oder Luftblase einer Staatsqualle (Rhizophysa). *e* Aeussere Wand der Schwimmblase. *f* Grosse Luftblase, in einer Luftflasche eingeschlossen. *f*² Zottenförmige Anhänge am unteren Theile derselben. *xy* die beiden Bildungshäute (aus den primären Keimblättern hervorgegangen. *x* Darmblatt (Entoderm). *y* Hautblatt (Ectoderm).

1) Eine ausführlichere Darstellung der schwimmenden Siphonophoren-Staaten und ihrer merkwürdigen Arbeitstheilung findet sich in der citirten Schrift S. 119 Anm. von Leuckart über den Polymorphismus der Individuen und in den S. 104 Anm. angeführten Thierstaaten von Carl Vogt (dritter Abschnitt: Blasenträger, S. 162).

Fähigkeiten der Medusen. Die Fortbewegung geschieht durch den Rückstoss des Seewassers, welches beim Schwimmen in regelmässigen Pausen aus der Glockenöffnung (Fig. 11 *a*, 12 *a*) ausgestossen wird.

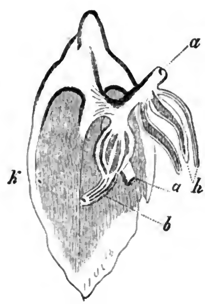
Unterhalb der zweizeiligen Säule von Schwimmglocken folgt nun eine buntgemischte Gesellschaft von verschiedenen Thieren, die den ganzen unteren Stammtheil bedecken. Da fällt zunächst eine dichte Masse von blattförmigen oder schuppenförmigen Stücken auf, welche wie die Schuppen eines Tannzapfens um die Axe gruppirt sind, und unter deren Schutz sich bei drohender Gefahr die übrigen Individuen flüchten können. Diese sogenannten Deckblätter oder Deckstücke sind rückgebildete Medusen, welche ausschliesslich das Geschäft von passiven Schutzorganen, von Schildträgern übernommen haben

Fig. 11 und 12.



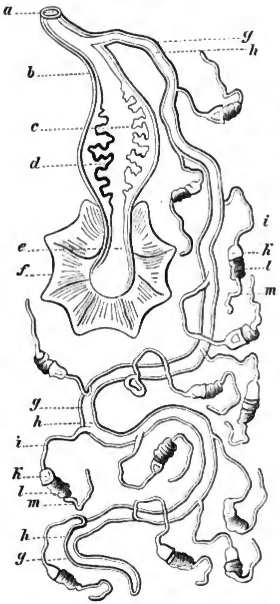
Eine Schwimmglocke einer Staatsqualle (Forskalia), Fig. 11 von unten, Fig. 12 von der Seite gesehen. *a* Mündung der Schwimmhöhle, aus welcher beim Schwimmen Wasser ausgestossen wird. *b* Schwimmhaut oder Velum. *c* Ringgefäss am Schirmrande. *d* Vier Strahlgefässe. *e* Schwimmsack. *f* Knorpelartiges Gewebe der Glocke. *g* Augenfleck.

Fig. 13.



Ein Deckstück oder Schildträger (*k*) einer Staatsqualle (Stephanomia). Unter seinem Schutze steht ein Fresspolyp (*b*) und mehrere Tastpolypen (*h*).

Fig. 14.

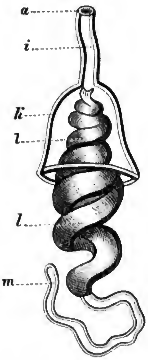


Ein Fresspolyp nebst Fangfaden, von einer Staatsqualle (Anthemodes). *a* Ansatzstelle des Polypen am Stamm, *b* Körperwand des Polypen, *c* Magenhöhle desselben, *d* Leberdrüsen desselben, *e* Rüssel desselben, *f* Mundöffnung, in Gestalt einer achteckigen Scheibe verbreitert und angesaugt, *g* Wand des Fangfadens, *h* Höhlung desselben, *i* Nebenfangfäden, *k* glockenförmige Hülle der Nesselbatterie (*l*), *m* Endfaden der letzteren.

(Fig. 13 *k*). Sie bestehen fast bloss aus knorpelähnlicher Gallertmasse, die von einem ernährenden Kanal durchzogen ist. Unter ihrem Schirme geborgen finden wir eine Anzahl von birnförmigen Körpern (Fig. 13 *b*), welche an ihrer freien Spitze eine gierig schnappende Mundöffnung und in ihrem Innern Verdauungsdrüsen oder Lebern besitzen. Mit dem achteckigen Mundsaume, der ausserordentlich erweiterungsfähig ist, können sie sich fest ansaugen (Fig. 14 *f*). Sie haben als Fresspolypen die Aufgabe, die Nahrung für den ganzen Thierstaat aufzunehmen und zu verdauen. An der Basis jedes Fresspolypen ist ein sehr langer, äusserst beweglicher Fangfaden (Fig. 14 *h*) befestigt. Dieser ist mit zahlreichen feineren Fangfäden zweiten Ranges (*i*) besetzt, deren jeder eine höchst verwickelt construirte Batterie von sogenannten „Nesselorganen" trägt (*l*). Die Nesselorgane, deren jede Batterie mehrere Hundert birgt, sind mikroskopisch feine, mit Widerhaken besetzte Giftpfeile, mit einer Giftblase in Verbindung stehend. Auf der

menschlichen Haut bewirken sie ein brennendes Gefühl, wie Nesseln. Mit diesen furchtbaren Todespfeilen bewaffnet angelt der lange Fangfaden beständig beutelustig im Wasser umher, jeden Augenblick bereit, ein unvorsichtig sich nahendes Schlachtopfer zu umschlingen und mit Tausenden von tödtlichen Giftpfeilen zu durchbohren. Bei der auf dem Titelbild dargestellten Siphonophore (Anthemodes) hat die mit Nesselorganen dicht gespickte Nesselbatterie die Form eines spiralig aufgerollten Bandes (Fig. 15 *l*), welches oben von einer kleinen Glocke (Fig. 15 *k*) halb verdeckt ist, und unten in einen feinen Endfaden (*m*) ausläuft.

Fig. 15.



Ein Nebenfangfaden (*i*) von Fig. 14, stärker vergrössert. *a* Ansatzstelle desselben am Fangfaden. *l* Nesselbatterie, in Form eines Bandes spiralig aufgerollt, *k* glockenförmiger Mantel ihres oberen Theils, *m* Endfaden der Nesselbatterie.

Zwischen diesen furchtbaren Raubthieren sitzen gewöhnlich in grösserer Zahl harmlose Polypen zerstreut, welche die Intelligenz des Siphonophorenstaates repräsentiren, und als Sinnesorgane die innere und äussere Lage desselben zu prüfen und zu beurtheilen haben. Sie empfinden, wollen und denken für die übrigen Staatsbürger, bei denen diese Geistesthätigkeiten entweder schwächer oder gar nicht entwickelt sind. Diese Sinnespolypen oder Tastpolypen (Fig. 9 *t*, Fig. 16) sind den Fresspolypen ähnlich, aber ohne Mundöffnung und statt des bewaffneten räuberischen Fangfadens mit einem langen und feinen, durch sehr empfindliches Gefühl ausgezeichneten Tastfaden versehen. Endlich finden wir nun noch zwischen allen diesen verschiedenen Formen von Individuen am Stamme vertheilt, und zwar gewöhnlich in traubenförmigen Gruppen in der Nähe eines Tastpolypen befestigt, die beiderlei Geschlechtsthiere, denen die Aufgabe der Fortpflanzung des ganzen Stockes zufällt (Fig. 9 *g*). Männchen (Fig. 17) und Weibchen (Fig. 18) sind zwar in ihrer Form sehr verschieden, lassen sich aber doch beide, gleich den

schwimmenden Locomotiven, auf die Grundform einer glockenförmigen Meduse zurückführen. In der Magenwand dieser „Geschlechtsmeduse" entwickeln sich die Fortpflanzungszellen. Die Mundöffnung ist zugewachsen. Die Männchen (Fig. 17) sind gewöhnlich mehr länglich, die Weibchen (Fig. 18) mehr rundlich.

Fig. 16.



Ein Tastpolyp oder Sinnespolyp einer Staatsqualle (Agalmopsis). An seiner Basis sitzt ein knotiger Tastfaden.

So verschieden nun auch alle diese verschiedenen Individuen des Siphonophorenstaates in Form und Leistung sich verhalten, so stehen dennoch alle mit einander in so innigem Zusammenhang, dass die älteren Beobachter den ganzen Stock als ein einzelnes Individuum, und die eigentlichen Individuen desselben, die Medusen und Polypen, als Organe auffassten. Sämmtliche Individuen sind inwendig hohl und ihre Höhlung steht in offener Communication mit der Höhlung des centralen Stammes, des Hauptpolypen, an welchem sie befestigt sind. Die ernährende Flüssigkeit, welche die Fresspolypen zubereiten, wird von ihnen an den Stammpolypen abgegeben, und von diesem, wie von einer Centralsuppenanstalt, an die übrigen Individuen des Staates vertheilt. Jeder bekommt so viel von dieser spartanischen Suppe, als sein Inneres, d. h. der Hohlraum seines Leibes verträgt. Ausserdem äussert sich der enge staatliche Verband aller Individuen aber auch darin, dass ein gemeinsamer Wille den ganzen Stock beseelt. Bei gewaltsamer Verletzung eines Individuums theilt sich sein Schmerz sogleich den übrigen mit und veranlasst den ganzen schwimmenden Thierstaat zur Zusammenziehung oder zur eiligen Flucht. Dabei geschehen die willkürlichen Bewegungen der Staatsbürger in offenbarem Einverständniss. Unbeschadet des staatlichen Gesammtwillens besitzt aber jeder entwickeltere Bürger bis zu gewissem Grade auch seinen

eigenen Willen, und kann sich, zufällig oder freiwillig von der Gemeinde abgelöst, eine Zeitlang selbstständig am Leben erhalten.

Die auffallend verschiedene Gestalt und Lebensthätigkeit der verschiedenen Siphonophoren-Individuen ist lediglich das Resultat einer auffallend weit gehenden Arbeitstheilung. Man kann alle jene verschiedenen Formen zunächst auf zwei Grundgestalten zurückführen, eine polypenförmige, gleich der Hydra gebaut, und eine medusenförmige, gleich der Aurelia gebaut. Aus der hydraähnlichen Polypenform sind durch Arbeitstheilung entstanden: 1) der centrale Stamm oder der Centralpolyp mit der Schwimmblase (Fig. 9 *a*); 2) die Fresspolypen nebst ihren Fangfäden (Fig. 14) und 3) die Tastpolypen nebst ihren Tastfäden (Fig. 16). Dagegen sind aus der aurelia-ähnlichen Medusenform durch Ar-

Fig. 17.

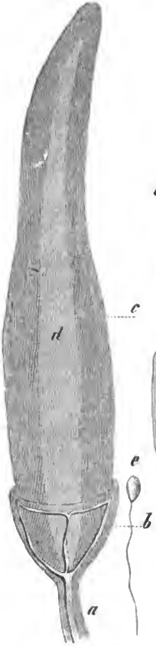


Fig. 18.

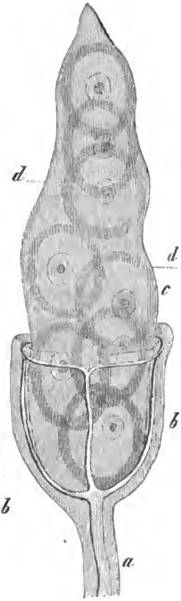


Fig. 17. Männchen einer Staatsqualle (Hippopodius). *a* Stiel, durch welchen die Medusen-Glocke (*b*) mit dem Stamm zusammenhängt. Im Schirm verlaufen 4 Strahlgefässe, die sich durch ein Ringgefäss am Schirmrand verbinden. *d* Magenhöhle, blind geschlossen. *c* Sperma, in deren Wand gebildet.

Fig. 18. Weibchen derselben Staatsqualle (Hippopodius). Buchstaben wie in voriger Figur. In der Wand des Magens (*d*) sind 8 grosse Eier sichtbar (*c*).

beitstheilung hervorgegangen: 1) die Schwimmglocken oder Locomotiven (Fig. 11, 12); 2) die Deckschuppen oder Deckstücke (Fig. 13); 3) die männlichen Medusen (Fig. 17) und 4) die weiblichen Medusen (Fig. 18). Jene beiderlei Grundgestalten, die Meduse und der Hydroidpolyp, sind aber selbst erst wiederum durch Arbeitstheilung aus einer ursprünglichen einfachsten Urpolypenform hervorgegangen.

Dass wirklich in altersgrauer Vorzeit, vor vielen Millionen Jahren, von der ganzen Klasse der Hydromedusen nur einfache Polypen existirten, und dass sich erst später aus ihnen die einfachsten Medusenformen und noch viel später die zusammengesetzten Siphonophorenstöcke durch allmählich fortschreitende Arbeitstheilung entwickelt haben, das geht nicht allein aus der vergleichenden Anatomie, sondern noch mehr aus der individuellen Entwickelungsgeschichte der Hydromedusen mit Bestimmtheit hervor. Denn die Ontogenie oder die individuelle Entwickelungsgeschichte jedes Organismus (d. h. die Reihe von Formen, welche derselbe vom Ei an bis zur vollendeten Gestalt durchläuft), wiederholt uns in kürzester Zeit und in grossen, allgemeinen Umrissen seine Phylogenie, seine Stammesgeschichte oder paläontologische Entwickelungsgechichte (d. h. mit andern Worten die Reihe von Formen, welche die Vorfahren dieses Organismus seit Beginn der organischen Schöpfung in Folge fortschreitender Arbeitstheilung durchlaufen haben) [1].

Wenn wir nun, eingedenk dieses wichtigen Zusammenhanges zwischen Ontogenie und Phylogenie, zwischen der Entwickelungsgeschichte des Individuums und seiner Ahnenreihe, einen Blick auf die individuelle Entwickelung der Siphono-

1) Den überaus wichtigen Causalnexus zwischen Ontogenie und Phylogenie, d. h. den innigen ursächlichen Zusammenhang zwischen der Entwickelungsgeschichte jedes organischen Individuums und derjenigen seiner gesammten Vorfahren-Reihe seit Anbeginn des organischen Lebens auf der Erde (ein Zusammenhang, welcher durch die Wechselwirkung der Vererbungs- und Anpassungsgesetze mit Nothwendigkeit mechanisch bedingt ist), habe ich im zwölften Vortrage meiner natürlichen Schöpfungsgeschichte (S. 227) und im 23. Capitel meiner generellen Morphologie (II. Bd. S. 371) ausführlich dargethan.

phoren werfen, finden wir, dass aus dem befruchteten Ei des Siphonophorenstocks weiter Nichts, als ein einfachster Polyp entsteht. Dieser verlängert sich zum centralen Stamm des ganzen Stocks und erzeugt durch Knospenbildung alle übrigen Individuen, Polypen und Medusen. Anfangs, im jugendlichen Knospenzustande, sind diese alle völlig gleich und nicht zu unterscheiden; erst allmählich nimmt jedes Individuum bei weiterem Wachsthum durch Arbeitstheilung seine bestimmte Form an. Allerdings ist die Arbeitstheilung, wie sie hier im Laufe der Ei-Entwickelung innerhalb weniger Wochen sich ausbildet, zunächst durch Vererbung von den Vorfahren schon erworben; allein diese vererbte Arbeitstheilung des Siphonophorenstaats weist uns deutlich auf die ursprüngliche angepasste Arbeitstheilung der früheren Hydromedusen hin, welche durch Anpassung, durch Uebung und Gewohnheit, im Laufe von Jahrtausenden geschichtlich sich entwickelt hat.

Die merkwürdige Arbeitstheilung der Siphonophoren, die Vereinigung der verschieden geformten Individuen zu einem Staate, dessen Staatsbürger nicht allein geistig, sondern auch leiblich zusammenhängen, tritt uns vielleicht zunächst als eine ausserordentliche und fremdartige Naturerscheinung entgegen. Allein in Wirklichkeit ist eine ähnliche Art der Arbeitstheilung sehr weit verbreitet, und eigentlich kann uns jede beliebige höhere Pflanze etwas Aehnliches zeigen. Denn jede verzweigte Blüthenpflanze, jeder blühende Baum, jeder Blumenstock ist im Grunde ähnlich wie der Siphonophorenstock zusammengesetzt. Das pflanzliche Individuum, welches dem einzelnen Polypen oder der einzelnen Meduse entspricht, ist der Spross, d. h. jeder Zweig, jede selbstständige, mit Blättern besetzte Axe. So viel Zweige und Aeste, so viel selbstständige Axen mithin ein Blumenstock besitzt, aus so viel Individuen ist er eigentlich zusammengesetzt. Die einen von diesen Individuen tragen bloss grüne Blätter und besorgen die Ernährung des Stockes, gleich den Fresspolypen; die andern bilden bunte Blüthen mit Staubfäden und Samenknospen, und besorgen die Fortpflanzung, gleich den beiderlei Geschlechts-Medusen des Siphonophorenstocks. Auch hier bei der blühenden Pflanze ist der Unterschied der beiderlei Individuen, der ernährenden Blattsprossen, und der fortpflan-

zenden Blüthensprossen, nicht ursprünglich, sondern erst durch Arbeitstheilung erworben [1]).

Hiermit ist aber keineswegs das weite Gebiet der Arbeitstheilung abgeschlossen. Die vergleichende Anatomie und Entwickelungsgeschichte lehrt uns vielmehr, dass ihr Wirkungskreis noch viel grösser ist. Jedes thierische und pflanzliche Individuum, mag dasselbe nun isolirt leben, wie die unverzweigten Pflänzchen und die meisten Thiere, oder mag es mit seines gleichen zu Stöcken vereinigt sein, gleich den Siphonophoren und den meisten Pflanzen — jedes Individuum ist wieder aus zahlreichen gleichartigen und ungleichartigen Theilen zusammengesetzt. Diese Theile, die Werkstücke oder Organe, bedingen durch ihre weitgehende Arbeitstheilung die zusammengesetzten Functionen des Organismus, die wir mit einem Worte sein „Leben" nennen. Das Leben ist nicht das räthselhafte Product einer mystischen Lebenskraft, sondern das mechanische Gesammt-Resultat aus den Leistungen der verschiedenen, durch Arbeitstheilung gesonderten Organe. Der einheitliche Organismus des Individuums im engeren Sinne, oder der Person, entsteht ebenso durch Zusammenwirken und Arbeitstheilung der Organe, wie die höhere Einheit des Stockes oder Staates durch Zusammenwirken und Arbeitstheilung der Personen [2]).

---

1) Die Arbeitstheilung der Sprossen bei den Blüthenpflanzen hat vorzüglich Alexander Braun erläutert in seinen geistvollen „Betrachtungen über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur" (Leipzig).

2) Um die unermessliche Bedeutung klar zu erkennen, welche die Arbeitstheilung der Organe für die Entstehung des höher entwickelten, zusammengesetzten Thierkörpers, der Person, besitzt, wäre es eigentlich nothwendig, hier auf die ganze Structurlehre oder Individualitätslehre der Organismen einzugehen; da jedoch dieser ebenso interessante, als schwierige Gegenstand hier viel zu weit abführen würde, muss ich bezüglich desselben auf das dritte Buch meiner generellen Morphologie verweisen, in welchem ich sowohl das Verhältniss der physiologischen zur morphologischen Individualität, als auch die sechs verschiedenen Stufen der organischen Individualität erläutert habe (1. Plastiden, 2. Organe, 3. Antimeren, 4. Metameren, 5. Personen, 6. Stöcke). Vergl. ferner meinen Aufsatz über „die Individualität des Thierkörpers" (Jena. Zeitschr. für Naturw. 1878).

So sind bei den Pflanzen alle die verschiedenen Formen der ernährenden Blattsprossen und der fortpflanzenden Blüthensprossen durch Arbeitstheilung aus zwei einfachen Grundorganen, dem Blatt und dem Stengel (oder der Axe) entstanden, und diese beiden Urorgane sind wieder erst durch Arbeitstheilung aus einem gemeinsamen ursprünglichen Grundorgan, dem Thallus oder Laubkörper hervorgegangen. Ebenso haben sich bei den Gliederthieren, bei den Insecten, Tausendfüssen, Spinnen und Krebsen, alle die verschiedenen gegliederten Anhänge des Körpers, die Fühlhörner, Oberkiefer, Unterkiefer, Kieferfüsse und die echten Beinpaare, durch Arbeitstheilung aus einer und derselben ursprünglichen Grundform des einfachen Beines, aus einem Urbeine entwickelt.

Woher stammen nun aber diese Urorgane oder Grundorgane, die durch ihre fortgeschrittene Arbeitstheilung alle die verschiedenen Organe, und durch deren Zusammenwirken den zusammengesetzten Organismus der Person bilden? Auch diese einfachsten Grundorgane sind selbst erst wieder das zusammengesetzte Product aus der staatlichen Verbindung und der Arbeitstheilung von sehr zahlreichen, kleinen, organischen Individuen. Diese elementaren Individuen, welche man meistens nur mit Hülfe des Mikroskopes unterscheiden kann, werden allgemein als Zellen bezeichnet. Die Form, Structur und Lebensthätigkeit jedes Organismus ist bedingt durch die Form, Verbindung und Arbeitstheilung aller denselben zusammensetzenden Zellen. Alle Organismen, alle Thiere und Pflanzen, mit Ausnahme der allereinfachsten, der Moneren und derjenigen, die selbst nur den Formwerth einer einzigen Zelle haben, sind aus vielen Zellen zusammengesetzt. Die scheinbare Lebenseinheit jedes vielzelligen Organismus ist ebenso, wie die politische Einheit jedes menschlichen Staates, das zusammengesetzte Resultat aus der Verbindung und Arbeitstheilung dieser kleinen Staatsbürger. Sie sind die wahren Elementar-Organismen oder die Individuen erster Ordnung [1]).

---

1) Eigentlich sind die „Individuen erster Ordnung“, ganz allgemein bezeichnet, die Bildnerinnen oder Plastiden, da ausser den eigentlichen (d. h. kernhaltigen) Zellen auch die (kernlosen) Cytoden hierher

Die organische Zelle kann durch Anpassung an die Lebensbedingungen der Aussenwelt die verschiedensten Formen annehmen. Die ursprüngliche Zellenform aber, aus der alle anderen erst durch Arbeitstheilung entstanden sind, ist ein kleines Schleimklümpchen, ein Kügelchen von eiweissartiger festflüssiger Materie, dem Zellstoff oder Protoplasma. Dieses Schleimkügelchen, welches häufig, jedoch nicht immer, von einer äusseren Hülle, der Zellhaut oder Membram umgeben ist, umschliesst ein kleines festeres, ebenfalls eiweissartiges Körperchen, den Zellkern oder Nucleus. Aber selbst diese beiden wesentlichsten Bestandtheile jeder Zelle, der äussere Zellstoff und der innere Zellkern, waren in den einfachsten und ursprünglichsten aller Organismen, in den Moneren und anderen Protisten, noch nicht getrennt, und sind erst aus dem ganz einfachen und gleichartigen Schleimkörper der letzteren durch Arbeitstheilung der unsichtbar kleinen Eiweisstheilchen, der Plasma-Moleküle (oder „Plastidule“) entstanden.

Jede Zelle im Thier- und Pflanzen-Körper hat bis zu einem gewissen Grade ihr eigenes selbstständiges Leben. Auf ihre Hand ernährt sie sich und wächst; auch vermehrt sie sich durch Fortpflanzung, und zwar meistens durch Selbsttheilung. Ja selbst die Fähigkeit, Bewegungen auszuführen, ist dem Zellstoff aller Zellen ursprünglich eigen; sie wird aber häufig dadurch beschränkt, dass sich die Zelle in ein selbstgeschaffenes Gefängniss, in eine starre Kapsel oder Zellhaut zurückzieht und einschliesst. Endlich besitzt jede Zelle einen gewissen Grad von Reizbarkeit oder Empfindlichkeit, der sich bei den vollkommensten aller Zellen, denen des thierischen Gehirns, bis zum Selbstbewusstsein steigert[1]).

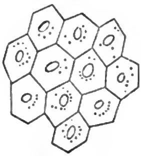
---

gehören. Vergl. hierüber meine Plastiden-Theorie (in den „Biologischen Studien“), sowie den dreizehnten Vortrag meiner natürlichen Schöpfungsgeschichte (S. 286) und die generelle Morphologie (Bd. I, S. 269).

1) Die Zellen, oder im weiteren Sinne die Plastiden (d. h. die Zellen und die Cytoden) sind die eigentlichen lebendigen Individuen, die elementaren Lebenseinheiten, und die Formen und Funktionen des vielzelligen Organismus sind erst das zusammengesetzte Resultat aus der Form, Verbindung und Funktion aller ihn zusammensetzenden Zellen. Diese für die mechanische d. h. für die wissenschaftliche Auffassung des

Die Arbeitstheilung der Zellen, oder die sogenannte „Zellenmetamorphose“, welche als eine der ersten und wichtigsten Ursachen der endlosen Mannichfaltigkeit in der Organisation angesehen werden muss, ist im Thierreich weit mannichfaltiger, als im Pflanzenreich. Wenn man den Leib eines höheren Thieres, z. B. eines Hundes, mit Hülfe des Mikroskopes in seine elementaren Formbestandtheile zerlegt, so findet man in den verschiedenen Organen eine ausserordentliche Menge von verschiedenen Zellen-Arten vor. Die Haare, die Oberhaut, die Klauen des Hundes sind aus vielen verschiedenen verhornten Zellenformen zusammengesetzt, die alle aus einer gemeinsamen Epidermis-Zellenart durch Arbeitstheilung entstanden sind (Fig. 19). Das Skelet, welches mit seinen Knochen, Knorpeln, Sehnen und Bändern das feste Gerüst des ganzen Hundekörpers bildet, besteht wieder aus verschiedenen Arten von Knochenzellen, Knorpelzellen und Bindegewebszellen, die sämmtlich durch Arbeitstheilung aus einer gemeinsamen ursprünglichen Bindegewebszellenart hervorgegangen sind (Fig. 20). Das rothe Fleisch (oder die Muskeln), welches das Skelet bekleidet und die willkürlichen Bewegungen ausführt, ist aus sehr langgestreckten quergestreiften Zellen zusammengesetzt (Fig. 21). Das blassgelbe Fleisch dagegen, welches die Wand des Magens bildet und die unwillkürlichen Bewegungen dieses Organes vermittelt, besteht aus glatten, nicht

Fig. 19.

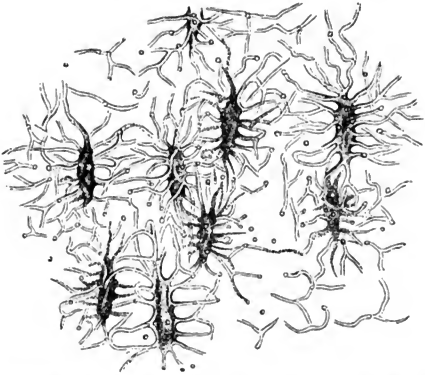


Ein kleines Stückchen Oberhaut, aus plattenförmigen, eckigen Epidermiszellen zusammengesetzt. Jede Zelle schliesst ihren runden Kern ein. (Stark vergrössert.)

Lebens höchst wichtige Zellentheorie (oder in weiterem Sinne Plastidentheorie) ist von Niemand tiefer erfasst, und speciell mit Beziehung auf den menschlichen Organismus, ausgedehnter angewendet worden, als von Rudolf Virchow, dessen „Cellular-Pathologie“ eine neue Epoche der wissenschaftlichen Medicin begründete. Vergl. auch dessen vorzüglichen Aufsatz „über die Einheitsbestrebungen in der wissenschaftlichen Medicin“ (Gesammelte Abhandlungen, Frankfurt, 1856) und „Vier Reden über Leben und Kranksein“, Berlin, 1862; namentlich die zweite Rede: „Atome und Individuen“.

quergestreiften, spindelförmigen Zellen. Das Nervensystem endlich, jenes höchste Organsystem des Thierkörpers, welches

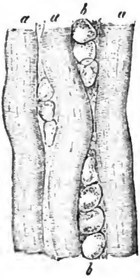
Fig. 20.



Ein kleines Stückchen Knochen, mit neun sternförmigen Knochenzellen, welche durch verästelte Ausläufer zusammenhängen und in der knochenharten Grundsubstanz eingebettet liegen. (Stark vergrössert.)

die Empfindung, den Willen, das Denken und das Bewusstsein des Thieres, kurz die sogenannte Seelenthätigkeit oder das Geistesleben vermittelt, ist aus grossen sternförmigen Zellen zusammengesetzt, aus Seelen-Zellen, deren verzweigte Ausläufer mit den Nervenfasern, feinen aus Zellen entstandenen Eiweissfäden zusammenhängen (Fig. 22).

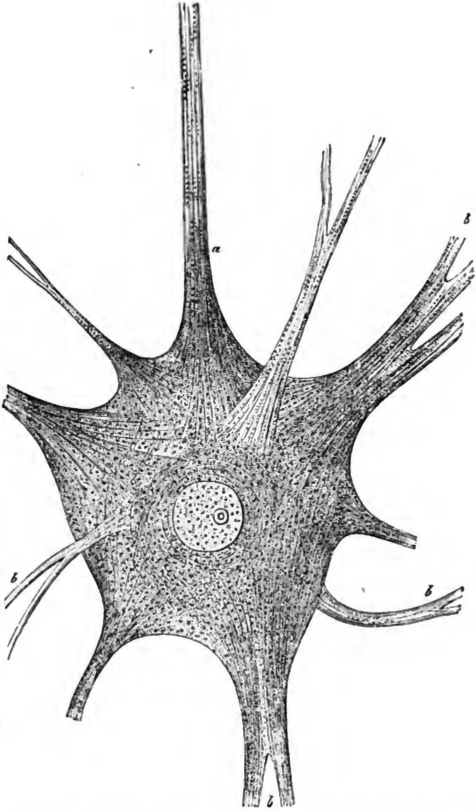
Fig. 21.



Drei quergestreifte Muskelfasern oder Fleischfasern (*a*), dazwischen mehrere Fettzellen (*b*).

So verschiedenartig nun auch alle die genannten Zellen-Arten sind, welche wir bei mikroskopischer Zerlegung des Thierkörpers mit einander verwebt finden, so sind dieselben dennoch alle nur durch Arbeitstheilung aus einer einzigen ursprünglichen Zellenform entstanden, nämlich aus

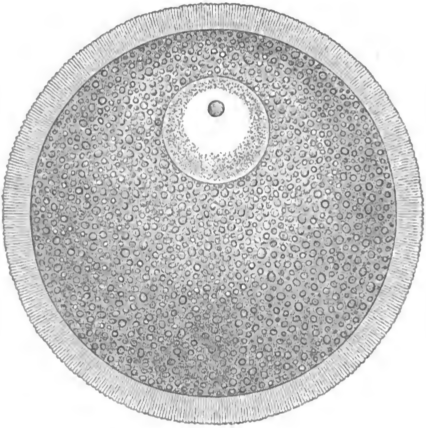
Fig. 22.



Eine Seelenzelle oder „Ganglienzelle“ aus dem Gehirn eines electrischen Fisches (Torpedo). In der Mitte der grossen verästelten Zelle liegt der kugelige Zellkern (Nucleus), der ein Kernkörperchen (Nucleolus) nebst innerstem Kernpunkt (Nucleolinus) einschliesst. Im Protoplasma der Zelle verlaufen zahlreiche feinste Fäserchen oder Fibrillen. Die Ausläufer oder Fortsätze der verästelten Zelle gehen theils in Nervenfasern über (*a*), theils (*b*) dienen sie zur Verbindung derselben mit anderen Seelenzellen.

denjenigen gleichartigen einfachsten Zellen, welche im Beginn der thierischen Entwickelung aus dem Ei entstehen. Jedes Thier ist im Beginn seiner individuellen Existenz ein einfaches Ei (Fig. 23). Dieses Ei ist aber selbst wieder nur eine einfache Zelle und besteht aus denselben wesentlichen Bestandtheilen, wie jede andere Zelle, aus dem schleimigen Zellstoff, (der hier „Dotter“ heisst,) und dem davon umschlossenen Zellkern (der beim Ei „Keimbläschen“ genannt wird). Oft ist die thierische Eizelle von einer besonderen Hülle, der „Dottermembran“, umschlossen (Fig. 23), oft aber auch nicht.

Fig. 23.

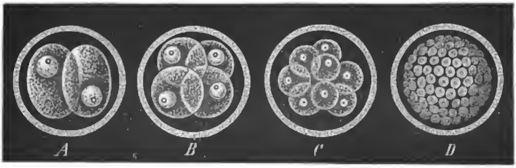


Das Ei des Menschen, sehr stark vergrössert. Die kugelige Eizelle (von $^1/_5$ Millimeter Durchmesser) ist von einer fein gestreiften Dotterhaut umhüllt und schliesst ein kugeliges helles Keimbläschen (mit dunkelm Keimfleck) ein.

Sobald das Ei des Hundes oder irgend eines anderen Säugethieres sich zu einem neuen Individuum zu entwickeln beginnt, so zerfällt es zunächst durch Selbsttheilung in zwei gleiche Hälften (Fig. 24 *A*), und zwar halbirt sich zuerst der

Kern (das Keimbläschen), und dann der den Kern umgebende Zellstoff (der Eidotter). Jede von den beiden so entstandenen

Fig. 24.



Eifurchung oder fortgesetzte Selbsttheilung des Eies im Beginn der Entwickelung. Die Eizelle zerfällt zunächst in 2 Zellen (*A*), dann in vier (*B*), acht (*C*) und schliesslich in zahlreiche Zellen (*D*).

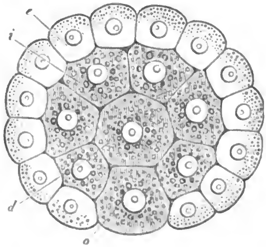
Tochterzellen zerfällt nun alsbald wiederum in zwei Zellen (Fig. 24 *B*). Aus diesen vier Zellen werden durch fortgesetzte Selbsttheilung alsbald acht (Fig. 24 *C*), aus acht sechszehn, aus sechszehn zweiunddreissig, u. s. w. So entsteht denn schliesslich aus der einfachen Eizelle ein kugeliger Haufe von sehr zahlreichen und kleinen Zellen, der wie eine Brombeere oder Maulbeere aussieht: der Maulbeerkeim oder die Morula (Fig. 24 *D*).

Anfangs sind alle diese zahlreichen Zellen an Form und Grösse ziemlich gleich. Bald aber beginnen sie an ihre staatliche Organisation zu denken. Sie benehmen sich wie ein Haufen von Kolonisten, die einen wohl organisirten Staat gründen wollen, und theilen sich demgemäss in die dazu erforderliche Arbeit. Zunächst gruppiren sich die Zellen des Maulbeerkeims in zwei verschiedene Hauptgruppen, die sich meist später blattartig in zwei über einander liegende Schichten sondern und daher „primäre Keimblätter" genannt werden. Die sehr wichtige Form des „Becherkeims" oder der Gastrula (Fig. 25) besteht bloss aus diesen beiden primären Keimblättern. Das äussere Keimblatt (Hautblatt oder Ectoderm, *e*) liefert die animalen Zellen für die Organe der Empfindung und Bewegung: Haut, Nervensystem, Muskeln u. s. w. Das innere Keimblatt hingegen (Darmblatt oder Entoderm, *i*)

liefert die vegetativen Zellen für die Organe der Ernährung, Verdauung, Athmung: Darm, Lungen, Herz u. s. w.

Später geht die Arbeitstheilung dieser Zellen viel weiter. Die einen Zellen übernehmen den Schutz des thierischen Organismus, und setzen die Oberhaut, die Haare, Nägel und Krallen zusammen (Fig. 19). Die zweiten bilden das feste Gerüst des Körpers, indem sie zu den Zellen des Knochens, des Knorpels und des Bindegewebes sich gestalten (Fig. 20). Eine dritte Gruppe von Zellen wächst zu langen quergestreiften Fasern aus, welche das Fleisch oder die Muskeln zusammensetzen, und vermöge ihrer besonderen Zusammenziehungsfähigkeit die Bewegungen der Körpertheile vermitteln (Fig. 21). Eine vierte Gruppe von Zellen endlich, die bevorzugtesten und begabtesten von allen Zellen, bilden das Nervensystem, und übernehmen somit die höchsten Funktionen des Thierleibes, diejenigen des Wollens, Empfindens und Denkens (Fig. 22). So entstehen also lediglich durch fortgesetzte Vermehrung, Verbindung und Arbeitstheilung der Zellen alle die verschiedenartigen Organe, welche den entwickelten Thierleib zusammensetzen, und durch Arbeitstheilung dieser Organe wiederum die verwickelte Maschinerie des staatlichen Organismus, den wir in jedem einzelnen Thier-Individuum erkennen müssen.

Fig. 25.



Gastrula des Säugethieres (Kaninchen). Der ganze Leib (im senkrechten Durchschnitt dargestellt) besteht (im Ganzen) aus 96 Zellen, nämlich 64 helleren und kleineren Zellen des Hautblatts (*e*) und 32 dunkleren und grösseren Zellen des Darmblatts (*i*). Die letzteren erfüllen auch die Magenhöhle (*d*) und Mundöffnung (*o*) der Gastrula.

Die Arbeitstheilung der Zellen und Organe, wie sie bei der Entwickelung jedes einzelnen Thieres aus dem Ei Schritt für Schritt verfolgt werden kann, ist allerdings nicht unmittelbar

durch die Anpassung des Thieres an die umgebenden Existenzbedingungen der Aussenwelt erworben, sondern vielmehr von den Eltern und Vorfahren des betreffenden Thieres durch Vererbung übertragen. Allein von dieser ererbten Arbeitstheilung der Zellen und Organe gilt dasselbe, was wir vorhin von der ererbten Arbeitstheilung der Siphonophoren sagten. Sie weist uns zurück auf die ursprüngliche, durch unmittelbare Anpassung erworbene Arbeitstheilung der Vorfahren, welche unter dem Drucke der äusseren Lebensbedingungen, im Kampfe um das Dasein, während vieler Millionen Jahre sich langsam entwickelt hat. Was von der Entwickelung des ganzen thierischen und pflanzlichen Organismus gilt, das gilt auch von der Entwickelung aller seiner einzelnen Organe und Zellen. Die Entwickelung jeder individuellen Zelle (die Ontogenie der Zelle) wiederholt in kürzester Zeit und in grossen Zügen die lange Umbildungsgeschichte ihrer Vorfahren (die Phylogenie dieser Zelle). Wir können daher aus der einfachen Thatsache, dass jedes Thier sich aus einer einzigen einfachen Eizelle entwickelt, und aus der Art und Weise, wie dies durch Arbeitstheilung der Zellen und Organe geschieht, den höchst wichtigen Schluss ziehen, dass die ältesten gemeinsamen Vorfahren aller Thiere einfachste Zellen waren, und dass aus den Nachkommen dieser einfachsten einzelligen Thiere durch staatliche Verbindung und fortgesetzte Arbeitstheilung der Zellen sich die höheren vielzelligen Thierformen entwickelten [1]).

Man wird jetzt am Schlusse dieses Vortrags, welcher nur einen geringen Theil von dem unermesslichen Gebiete der Arbeitstheilung berührt hat, wahrscheinlich finden, dass ich die

---

1) Wie die geschichtliche Entwickelung aller verschiedenen Thierformen und überhaupt aller Organismen aus gemeinsamen einfachsten Vorfahren, und zwar zuerst aus Moneren (kernlosen Cytoden), demnächst aus einfachen (kernhaltigen) Zellen, nach dem bis jetzt bekannten Erfahrungs-Materiale ungefähr gedacht werden kann, habe ich in meiner natürlichen Schöpfungsgeschichte hypothetisch dargestellt, woselbst der XV. Vortrag den Stammbaum und die Geschichte des Protistenreichs, der XVI. des Pflanzenreichs, der XVII. der wirbellosen Thiere und der XVIII. der Wirbelthiere zu entwerfen versucht.

beiden Hälften des versprochenen Themas sehr ungleichmässig ausgeführt, und von der Arbeitstheilung in der Natur sehr viel, von der Arbeitstheilung im Menschenleben nur sehr wenig gesagt habe. Ich muss aber jetzt gestehen, dass ich mir eine scherzhafte Täuschung erlaubt, und wenigstens in der letzten Hälfte des Vortrages immer zugleich vom Menschen gesprochen habe, freilich ohne ihn zu nennen. Denn Alles, was ich von der Zusammensetzung des Thierkörpers, und speciell des Hundes, aus Zellen, sowie von der Arbeitstheilung der Zellen und Organe im Thierleibe gesagt habe, Alles das gilt wörtlich ebenso vom Menschenleibe. Auch unser eigner Körper ist ebenso wie der Körper jedes höheren Thieres, ein staatlicher Organismus, welcher aus vielen Millionen von kleinen Staatsbürgern, den Zellen zusammengesetzt ist. Diese Staatsbürger führen bis zu einem gewissen Grade ein selbstständiges Leben. Sie bilden durch Arbeitstheilung verschiedene Stände und Arbeiterklassen: das sind die Organsysteme unseres Körpers, das Nervensystem, Muskelsystem u. s. w. Das einheitliche Leben des menschlichen Individuums, welches äusserlich als der einfache Ausfluss einer persönlichen Seele erscheint, ist in Wahrheit das höchst verwickelt zusammengesetzte Resultat aus der gesammten Lebensthätigkeit aller jener kleinen Staatsbürger, der Zellen und der aus ihnen durch Arbeitstheilung zusammengesetzten Organe. Wenn einzelne von jenen Staatsbürgern ihre Aufgaben liederlich erfüllen oder unfähig dazu werden, so nennen wir das Krankheit, und wenn das einheitlich geregelte Zusammenwirken Aller, das zum Leben erforderlich ist, aufhört, nennen wir das Tod.

Aber auch was ich von der Entwickelungsgeschichte der Thiere erzählte, und an dem Beispiele des Hundes erläuterte, auch das gilt Alles wörtlich ebenso von der Entwickelungsgeschichte des Menschen. Auch jeder Mensch ist, wie jedes Thier, im Beginn seiner individuellen Existenz eine einfache Zelle, ein Ei (Fig. 23), und wenn diese Zelle sich zu entwickeln beginnt, so haben ihre Tochterzellen und deren Nachkommen ganz dieselben Aufgaben der Arbeitstheilung zu lösen, welche ich vorher bei der Entwickelung des Hundes geschildert habe. Die in Fig. 23 — 25 dargestellten ersten Entwickelungsstadien

des Hunde-Eies geben zugleich eine Vorstellung von den Umbildungen, mit denen das individuelle Leben eines Jeden von uns begonnen hat.

Wie beim Thiere, so giebt uns auch beim Menschen die mannichfaltige Formenkette, welche der Organismus während seiner individuellen Entwickelung aus dem Ei zu durchlaufen hat, ein ungefähres, skizzenhaftes Bild von der Formenkette, welche seine Vorfahren im Verfluss unermesslicher Zeiträume durchlaufen haben. Sie liefert den handgreiflichen Beweis, dass unser Geschlecht sich in verwandtschaftlichem Zusammenhang mit niederen Organismen, und zwar in der engsten Verbindung mit den Wirbelthieren entwickelt hat, und dass unsere ältesten gemeinsamen Vorfahren nur den Formwerth von einer einfachsten Zelle besassen. Das mächtige Naturgesetz aber, nach welchem aus so einfacher Urquelle sich alle die unendlich mannichfaltigen Formen des Thierreichs und an ihrer Spitze, die übrigen bei weitem überflügelnd, die verschiedenen Menschen-Arten entwickelt haben, ist das grosse Gesetz der Arbeitstheilung!

Erklärung des Titelbildes.

Das Titelbild stellt einen von jenen wunderbaren schwimmenden Thierstaaten (Hydromedusen-Stöcken) dar, welche unter dem Namen der Siphonophoren bekannt sind, und welche die Arbeitstheilung der den Staat zusammensetzenden Individuen in der ausgezeichnetsten Weise zeigen. Die hier abgebildete neue Siphonophoren-Form (Anthemodes canariensis) lebt in dem atlantischen Ocean in der Nähe der canarischen Inseln, woselbst ich sie im Winter 1866/67 bei der Insel Lanzerote gefangen und beobachtet habe. Unter den bekannten Siphonophoren steht sie der Gattung Stephanomia am nächsten und könnte auch Stephanomia canariensis genannt werden. Der sehr bewegliche und hier schleifenförmig zusammengebogene Stamm des zierlichen Stockes, die mittlere Axe oder der Centralpolyp (*f*) ist an seinem oberen Ende zu einer Schwimmblase (*a*) ausgedehnt, welche mittelst der in ihr enthaltenen Luftblase (*b*) den ganzen Thierstaat an der Meeresoberfläche schwimmend erhält. Unter derselben sitzt eine doppelte Reihe von Schwimmglocken (*d*), aus

deren Mündung (*e*) das Wasser beim Schwimmen ausgestossen wird. *c* sind Knospen von jungen Schwimmglocken. Der ganze übrige Stamm unterhalb der Schwimmglocken ist ringsum dicht mit dreispitzigen Deckblättern (*n*) bedeckt. Zwischen diesen zerstreut sitzen die grossen Fresspolypen (*g*), welche ihren Mund (*h*) zu einer grossen achteckigen Scheibe ausdehnen können. Jeder Fresspolyp besitzt einen langen, sehr beweglichen Fangfaden (*i*), der mit zahlreichen feinen Nebenfangfäden (*k*) besetzt ist. Abwechselnd mit den Fresspolypen sitzen am Stamm vertheilt die kleineren und zahlreicheren Tastpolypen (*l*), deren jeder einen feinen Fühlfaden (*m*) trägt, und an ihrer Basis sitzen traubenförmige Gruppen von den beiderlei Geschlechtsthieren an, den länglichen Männchen (*o*) und den rundlichen Weibchen (*p*). Eigentlich sind alle die verschiedenen Individuen oder „Personen", welche den Siphonophoren-Staat zusammensetzen, als umgebildete Medusen zu deuten. Nicht bloss die medusenförmigen Schwimmglocken, Deckschuppen und Geschlechts-Personen (Männchen und Weibchen) sind aus Medusen historisch durch Arbeitstheilung entstanden, sondern auch die polypenförmigen Fresspolypen und Tastpolypen, ja selbst der gemeinsame Stamm der Staatsquallen. Das ergiebt sich klar aus meinen Untersuchungen über „Entwickelungsgeschichte der Siphonophoren" (Utrecht, 1869). Aus dem Ei entwickelt sich zunächst eine Larve von der Gestalt einer einfachen Meduse. Aus dieser entstehen die übrigen Personen durch Knospung. Das Uebrige über den Bau und die Bedeutung dieser schwimmenden Thier-Colonieen ergiebt sich aus dem Vortrage selbst.

Zellseelen und Seelenzellen.

Vortrag

gehalten am 22. März 1878 in der „Concordia" zu Wien.

Freudig war, vor vielen Jahren,
Eifrig so der Geist bestrebt,
Zu erforschen, zu erfahren,
Wie Natur im Schaffen lebt.
Und es ist das ewig Eine,
Das sich vielfach offenbart;
Klein das Grosse, gross das Kleine,
Alles nach der eignen Art.
Immer wechselnd, fest sich haltend.
Nah und fern, und fern und nah;
So gestaltend, umgestaltend —
Zum Erstaunen bin ich da.

Goethe.

Es gibt kein Gebiet von Erscheinungen im ganzen Bereiche menschlicher Erkenntniss, über welches von jeher und noch heute unsere Ansichten so weit auseinander gehen, als das Gebiet des Seelenlebens. Was ist die Seele? Von wo kommt sie und wohin geht sie? Hat blos der Mensch eine Seele, oder auch die Thiere? Und wo sind die Grenzen, wo die Anfänge des Seelenlebens im Thierreiche zu finden? Vor solchen und ähnlichen Fragen stehen wir noch heute, wie vor tausend und zweitausend Jahren, ohne entschiedene Antwort da, oder wenigstens ohne eine solche Antwort, die zu allgemeiner wissenschaftlicher Anerkennung durchgedrungen ist.

Diese fortdauernde Unklarheit über eine der wichtigsten und schwierigsten Fragen aller menschlichen Erkenntniss spricht sich in Nichts so deutlich aus, als in dem Umstande, dass selbst die Wissenschaft vom Seelenleben, die Psychologie, noch heute eine ganz unbestimmte Stellung unter den übrigen Wissenschaften einnimmt. Die meisten Naturforscher betrachten gegenwärtig die Seelenthätigkeit des Menschen und der Thiere als eine wirkliche Naturerscheinung und glauben demnach nur durch naturwissenschaftliche Erforschung das darüber schwebende Dunkel lichten zu können. Anderseits sind die meisten Psychologen, die berufenen Fachgelehrten der Seelenkunde, der entgegengesetzten Ansicht und halten das Seelenleben — wenigstens beim Menschen — für eine übernatürliche Erscheinung, für ein Geistesphänomen, das durch ganz andere als blosse Naturkräfte bedingt wird, und das daher jeder rein naturwissenschaftlichen Erklärung spottet. Nach dieser, auch heute noch herrschenden Ansicht ist die Psychologie theilweise oder ganz eine „Geisteswissenschaft", keine Naturwissenschaft.

Trotz dieser weitverbreiteten und einflussreichen Meinung, und trotz des Misstrauens, auf welches jeder Naturforscher beim

Betreten des dunkeln Seelengebietes stösst, wollen wir dennoch hier den Versuch wagen, mit der Leuchte der naturwissenschaftlichen Forschungsmethode in die Mysterien desselben einzudringen. Die Aufforderung und Berechtigung zu diesem Wagniss finden wir in zwei grundlegenden Thatsachen. Erstens unterliegt die „Seele", wie allgemein anerkannt wird, in jedem beseelten Wesen einer zusammenhängenden Entwickelung; sie hat eine individuelle „Entwickelungsgeschichte"; und zweitens ist mindestens ein Theil der Seelenthätigkeiten an bestimmte körperliche Organe gebunden, ist ohne die letzteren nicht denkbar. Mindestens dieser Theil der Seelenerscheinungen ist also unmittelbar der Naturforschung zugänglich. Auch ist ferner die Thatsache jetzt wohl allgemein anerkannt, dass mindestens ein Theil der Seelenthätigkeiten, insbesondere Wille und Empfindung, bei den höheren Thieren sich ähnlich wie beim Menschen verhält; und eine psychologische Vergleichung der verschiedenen Thiere zeigt uns eine lange Stufenleiter von verschiedenen Entwickelungsgraden der Thierseele. Daraus folgt aber für den Zoologen, der sich die Erforschung des Thierlebens nach allen seinen Richtungen zur Lebensaufgabe gemacht hat, nicht blos die Berechtigung, sondern auch die Verpflichtung, den Ursprung und die Grenzen des Seelenlebens im Thierreiche zu erforschen.

Freilich ist nun der ungebahnte Weg, den der Zoologe dabei einschlägt, gar sehr verschieden von der breitgetretenen Heerstrasse, auf welcher die Schaar der Fachpsychologen seit Jahrtausenden gemächlich gewandelt ist. Bekanntlich haben diese Letzteren vor Allem die Selbstbetrachtung, die Beobachtung und Reflexion über das eigene menschliche Seelenleben, als ihre wichtigste, oft als ihre ausschliessliche Aufgabe angesehen. Daher ist die Seele, wie sie in den Lehrbüchern der Psychologie gewöhnlich zergliedert und beschrieben wird, die einseitig aufgefasste Seele des entwickelten Menschen, und zwar meistens die hochgelehrte Seele eines wissensreichen und denkgeübten Philosophen. Sicher ist die genaue Kenntniss einer solchen hochentwickelten Gelehrtenseele vom grössten Werthe; aber sie berührt viele der wichtigsten Erkenntnissfragen gar nicht, und es fehlt ihr gerade diejenige Seite, auf welche die

Naturforschung der Gegenwart mit Recht das höchste Gewicht legt, es fehlt ihr die Kenntniss der **Entwickelung**!

Unzweifelhaft unterliegt die Seele in jedem einzelnen Menschen, wie in jedem Thiere, einer langsamen, allmählichen und stufenweisen Entwickelung. Das ist eine psychologische Thatsache von grundlegender Bedeutung. Auch die grössten Denker aller Zeiten, auch Aristoteles und Plato, Spinoza und Kant, sind einmal Kinder gewesen; auch ihre gewaltige, weltumfassende Denkerseele hat sich stufenweise und allmählich entwickelt. Gestützt auf diese Thatsache wird der Zoologe, der sich der Seelenforschung zuwendet, vor Allem das wichtigste Forschungsinstrument, die **Entwickelungsgeschichte**, in Anwendung bringen. Er wird **vergleichend** die Entwickelung der Seele im Menschen und im Thiere verfolgen, und er wird vergleichend den Bau und die Entwickelung derjenigen Körpertheile untersuchen, die beim Thiere wie beim Menschen unmittelbar an der Seelenthätigkeit betheiligt sind. Die vergleichende Morphologie der Seelenorgane und die vergleichende Physiologie der Seelenfunctionen, beide überall gestützt auf die Entwickelungsgeschichte, werden so zur psychologischen Aufgabe des Naturforschers.

I.

Die erste, allgemeinste und wichtigste Thatsache, welche dem Naturforscher hier beim Beginne seiner psychologischen Forschung entgegentritt, ist die Abhängigkeit aller Seelenthätigkeit von gewissen materiellen Theilen des Thierkörpers, den Seelenorganen. Beim Menschen und bei den höheren Thieren sind solche Seelenwerkzeuge: die Sinnesorgane, das Nervensystem und das Muskelsystem; bei den niederen Thieren sind es Zellengruppen oder selbst einzelne Zellen, welche noch nicht zu Nerven und Muskeln sich gesondert haben. Jede Aeusserung des Seelenlebens, jede psychische Arbeit ist unabänderlich an ein solches Organ geknüpft und ohne dasselbe nicht denkbar. Damit soll noch Nichts über das Wesen der Seele selbst gesagt sein, über die Art und Weise, wie die „Psyche" mit ihren Organen verknüpft ist. Es ist aber nicht überflüssig, jene grund-

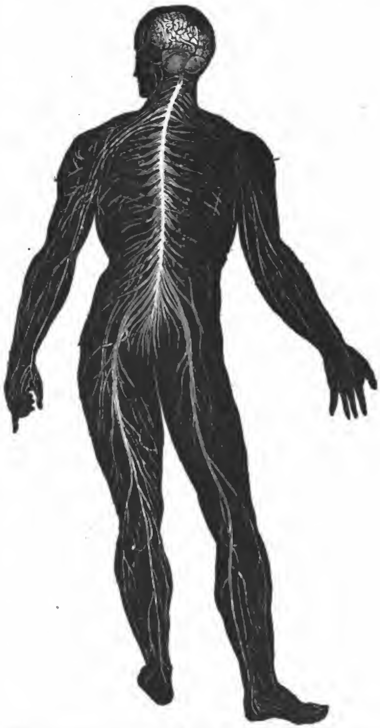
legende physiologische Thatsache zu einer Zeit zu betonen, wo der crasseste Aberglaube aufs Neue in Gestalt des Spiritismus sein Haupt erhebt, und wo wir sehen, dass nicht allein Hunderttausende von Gebildeten und Ungebildeten, sondern sogar namhafte und kenntnissreiche Naturforscher dem blinden Wahne dieses Aberglaubens zum Opfer fallen.

Haben wir doch erst vor wenigen Monaten zu unserer Beschämung erleben müssen, dass der amerikanische Spiritist Slade, nachdem er in England sich durch Geisterbeschwörungen ein ansehnliches Vermögen erworben und dann zuletzt als gemeiner Betrüger entlarvt war, in Deutschland sein Gaunergeschäft mit gleichem Erfolge fortsetzte und sogar einzelne angesehene Naturforscher zu bethören wusste. Und sehen wir nicht sogar, dass eine besondere Literatur des Spiritismus, durch zahlreiche Zeitschriften vertreten, diesen unglaublichen Schwindel in das Gewand einer besonderen Wissenschaft zu kleiden sucht! In dem Jahrhundert der Eisenbahnen und Telegraphen, der Spektralanalyse und des Darwinismus, im Zeitalter der monistischen Naturerkenntniss erscheinen solche Rückfälle in den finsteren Aberglauben des Mittelalters kaum begreiflich. Sie erklären sich nur aus der mystischen „Nachtseite" der menschlichen Seele, aus jenem dunkeln Hange zu übernatürlichen und wunderbaren Vorstellungen, den religiöser Aberglaube seit Jahrtausenden sorgfältig gross gezogen hat. Sicher ist dieser mystische Hang nur deshalb so unausrottbar festgewurzelt, weil er durch Vererbung von Jahrtausenden befestigt und stets aufs Neue durch angebliche Offenbarungen, d. h. durch pathologische Seelen-Anpassungen, gestärkt und geheiligt worden ist.

Gegenüber also allen jenen angeblichen Geistererscheinungen des Spiritismus, die gleich den Wundern der Louise Lateau oder der Madonna von Marpingen theils auf unbewusster Täuschung, theils auf bewusstem Betruge beruhen, steht heute als erstes Fundament aller Seelenlehre die klare physiologische Thatsache fest, dass jegliche Art von Seelenthätigkeit an bestimmte körperliche Organe oder Werkzeuge untrennbar gebunden ist. Es wird daher unsere erste Aufgabe sein müssen, uns mit diesen Organen etwas näher bekannt zu machen. Die genannten Werkzeuge unseres Seelenlebens, nämlich 1) die Sinnes-

organe, 2) das Nervensystem und 3) die Muskeln, bilden zusammen einen einzigen grossen Apparat, den wir mit einem Worte kurz als den Seelenapparat bezeichnen. Beim Menschen, wie bei allen höheren Thieren, zeigt uns diese Rüstkammer der Geistesthätigkeit ein bewunderungswürdiges Gefüge von höchst zusammengesetzten Organen und Geweben; und zwar ist ihre feinere Zusammensetzung um so reicher und verwickelter, je höher und vollkommener die Arbeit des Apparates, die Seelenthätigkeit, entwikkelt ist (Fig. 1).

Fig. 1.

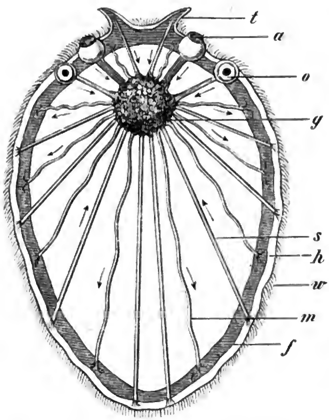


Nervensystem des Menschen. In die schwarze Gestalt sind die weissen Nervenfasern eingezeichnet, welche vom Gehirn und Rückenmark in die verschiedenen Theile des Körpers ausstrahlen.

Eine Entdekkungsreise in dieses wunderbare Labyrinth ist freilich höchst anziehend und lehrreich, aber auch sehr schwierig und anstrengend. Statt dessen entspricht es unserem Zwecke weit besser, einen Blick auf den viel einfacher gebauten Seelenapparat eines niederen

Thieres zu werfen. Wir wählen dazu einen unvollkommenen Wurm, nicht etwa deshalb, weil der Mensch nach Faust „dem Wurme gleich ist, der den Staub durchwühlt", oder weil die Phylogenie der Neuzeit im Stammbaum des Menschen auch eine Reihe von Würmern unter unseren Ahnherren aufführt, — sondern vielmehr deshalb, weil sich die niederen Würmer durch einen sehr einfachen und klaren Bau ihres Seelenorganes auszeichnen und dadurch vortrefflich das schwierige Verständniss des viel zusammengesetzteren Seelenapparates der höheren Thiere erleichtern.

Fig. 2.



Nervensystem eines Plattwurmes (Turbellaria). Von dem einfachen Nervenknoten oder Gehirn (*g*) strahlen zweierlei Nerven aus; die (centripetalen) Empfindungs-Nerven (*s*) gehen zur Haut (*h*), zu den Fühlern (*t*), zu den Hörbläschen (*o*) und Augen (*a*); die (centrifugalen) Bewegungs-Nerven (*m*) gehen zum Fleisch, zu der unter der Haut gelegenen Muskelschicht (*f*). *w* Wimpern der Haut.

Betrachten wir einen solchen einfachen Wurm (Fig. 2), z. B. einen blattförmigen Strudelwurm oder eine Turbellarie, unter dem Mikroskope, so erblicken wir vorn über dem Munde ein kleines, weisses Kügelchen, von welchem feine Fäden nach allen Richtungen an die verschiedenen Körpertheile ausstrahlen. Jenes weisse Kügelchen oberhalb des Mundes besteht aus weicher Nervenmasse und ist der Mittelpunkt des ganzen Seelenapparates, ein Gehirn einfachster Art (*g*); die feinen Fäden aber, die vom Hirn an alle Theile ausstrahlen, sind Nerven. Wir unterscheiden zwei verschiedene Arten solcher Nervenfäden. Die einen sind Werk-

zeuge des Willens, motorische oder Bewegungsnerven (*m*); sie gehen vom Hirn an das Fleisch (*f*), dessen Fasern, die Muskelfasern, durch sie zur Bewegung veranlasst werden. Die anderen hingegen sind Instrumente der Empfindung oder sensible Nerven (*s*); sie leiten die verschiedenen Empfindungseindrücke von der äusseren Haut und von den Sinnesorganen zum Hirn und setzen so dasselbe in Beziehung zur umgebenden Aussenwelt. Die Sinneswerkzeuge eines solchen niederen Wurmes sind nun freilich noch sehr einfach, aber gerade deshalb auch sehr interessant. Bei vielen Würmern ist es einzig und allein die äussere Haut (*h*), welche die Stelle eines universalen Sinneswerkzeugs vertritt, und Empfindungen verschiedener Art, vor Allem Druckschwankungen und Temperaturveränderungen, vermittelt. Bei Anderen gesellen sich dazu noch besondere Fühler oder Tentakeln (*t*), ferner Augen einfachster Art, dunkle Flecke in der Haut, welche eine lichtbrechende Linse umschliessen (*a*); auch wohl Gehörorgane von einfachster Form (*o*), nämlich ein Paar Grübchen oder Bläschen in der Haut, welche mit feinen Härchen ausgekleidet sind: Hörhärchen, die durch Schallwellen in bestimmter Weise erregt werden.

Dass selbst diese Werkzeuge der höheren sinnlichen Empfindungen, Augen und Ohren, bei den niederen Würmern weiter Nichts sind, als eigenthümlich entwickelte Theile der äusseren Hautdecke, das ist eine Thatsache von grösster Bedeutung. Denn auch die viel höher entwickelten und vollkommneren Augen und Ohren der höheren Thiere und des Menschen sind ursprünglich in der äussersten Hautschicht des Körpers entstanden und widerstreiten nicht dem hochwichtigen, erst neuerlich festgestellten Gesetze vom Ursprung aller Sinne aus der Haut. Ursprünglich sind alle verschiedenen Sinneswerkzeuge der Thiere nur gesonderte Theile ihrer empfindlichen Oberhaut.

Aber auch die Werkzeuge der Bewegung, die Diener des Willens, die Muskeln, stehen ursprünglich mit der äusseren Haut in engster Verbindung.

Bei unseren niederen Würmern wird das ganze Muskelsystem einzig und allein durch eine dünne Schicht von Fleisch dargestellt, welche sich überall unter der Hautdecke ausbreitet.

(Fig. 2 *f.*) Gewöhnlich zerfällt dieser sogenannte „Haut-Muskel-Schlauch" der Würmer in zwei verschiedene Lagen, eine äussere Schicht von Ringfasern und eine innere Schicht von Längsfasern, aber noch nicht in getrennte Muskelgruppen oder Fleischstränge, wie bei den höheren Thieren.

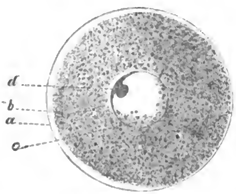
Als besonders wichtig müssen wir nun noch die Thatsache hervorheben, dass sämmtliche Nerven, sowohl die centripetalen Empfindungsfasern, die vom Hirn zur Haut und den Sinnesorganen, als die centrifugalen Bewegungsfasern, die vom Hirn zu den Muskeln gehen, mit diesen äusserlich gelegenen Theilen in unmittelbarem Zusammenhange stehen. Wenn wir also naturgemäss den ganzen Seelenapparat als ein einheitliches Ganzes auffassen, so sind die empfindlichen Sinnesorgane weiter Nichts, als eigenthümliche Endausbreitungen der Empfindungsnerven, und die dem Willen gehorchenden Muskelfasern sind nichts Andres, als besondere Endorgane der Bewegungsnerven. Als gemeinsamer Mittelpunkt und als unmittelbare Verbindungsbrücke ist zwischen jene ersteren und diese letzteren das Gehirn eingeschaltet.

Will man sich eine klare Anschauung von der Thätigkeit eines solchen Seelenapparates, vom Wesen des Seelenlebens verschaffen, so hilft dazu am besten der oft wiederholte Vergleich mit einem elektrischen Telegraphensystem. Dieser bekannte Vergleich ist nicht allein durch die ganze Einrichtung des Seelenapparates gerechtfertigt, sondern namentlich auch dadurch, dass bei den Verrichtungen desselben in der That elektrische Ströme die grösste Rolle spielen. Seine volle Bedeutung gewinnt aber der Vergleich erst dann, wenn wir mit Hilfe starker Vergrösserung die feinsten Formbestandtheile erkannt haben, die jenen Apparat zusammensetzen. Die mikroskopischen Formelemente oder Bausteine des Seelenapparates sind keine anderen, als diejenigen, aus denen auch die übrigen Organe des Thierkörpers bestehen, die sogenannten „Zellen". Hier, wie überall in der Naturgeschichte, ist es daher die vor vierzig Jahren von Schleiden und Schwann begründete Zellenlehre, welche als Hauptschlüssel die erste Pforte tieferer Erkenntniss uns öffnet. Wie verschieden nun auch die zahllosen Formen der kleinen Zellen in den verschiedenen Geweben des Thier- und Pflanzen-

körpers erscheinen, so stimmen doch alle in der Hauptsache überein, dass jede einzelne Zelle für sich einen gewissen Grad individueller Selbständigkeit besitzt, ihre eigene Form hat und ihr eigenes Leben führt. Wie Brücke mit einem Worte treffend sagt, ist jede mikroskopische Zelle ein Elementar-Organismus, oder ein „Individuum erster Ordnung". Ja, wie wir bald sehen werden, dürfen wir sogar jeder Zelle eine selbständige Seele zuschreiben, eine Zellseele.

Zahllos wie die Sterne am Himmel sind die unendlichen Myriaden von Zellen, welche den Riesenkörper eines Walfisches oder eines Elephanten, einer Eiche oder einer Palme zusammensetzen. Und dennoch besteht der gigantische Leib dieser grössten Organismen, ebenso wie der unsichtbare Zwergleib der kleinsten, im Beginne seiner Existenz nur aus einer einzigen, kleinen, dem blossen Auge unsichtbaren Zelle, der Eizelle (Fig. 3). Fängt

Fig. 3.



Eizelle eines Wurmes. Der kugelige Zellenleib (*b*), der aus Zellstoff oder Protoplasma besteht, ist von einer zarten Hülle (*a*) umgeben und enthält einen Zellkern (*c*) nebst Kernkörperchen (*d*).

aber diese Zelle an, sich zu entwickeln, so entstehen aus ihr durch wiederholte Theilung in kürzester Zeit eine ungeheure Masse von gleichartigen Zellen (Fig. 4—7). Diese vertheilen sich in blattartige Schichten, die sogenannten Keimblätter. Anfangs sind alle Zellen gleich; jede einzelne Zelle ist von höchst einfacher Gestalt und Zusammensetzung: ein rundes, weiches Eiweisskügelchen oder Protoplasma-Klümpchen, welches einen festeren Kern einschliesst. Bald aber treten Ungleichheiten oder Sonderungen auf; die Zellen beginnen sich in die Arbeit des Lebens zu theilen und nehmen verschiedene Form und Beschaffenheit an. Die Magenzellen übernehmen die Verdauung, die Blutzellen den Stoffumsatz, die Lungenzellen die Athmung, die Leberzellen die Bildung der Galle. Anderseits widmen sich die Muskelzellen ausschliesslich der Bewegung, die Sinneszellen den ver-

schiedenen Empfindungen: die Tastzellen der Haut lernen Druck- und Wärmeschwankungen verstehen, die Hörzellen lernen Schallwellen, die Sehzellen Lichtwellen unterscheiden; die schwierigste und glänzendste Laufbahn aber betreten die Nervenzellen, und unter diesen sind es wieder die genialen Gehirnzellen, welche im kühnen Wettlaufe den höchsten Preis erringen und als Seelenzellen sich über alle anderen Zellenarten hoch erheben.

Fig. 4.

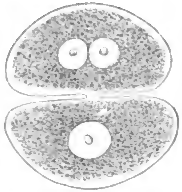


Fig. 5.

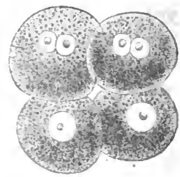


Fig. 6.

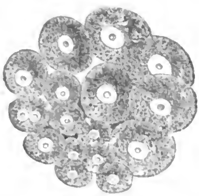


Fig. 7.

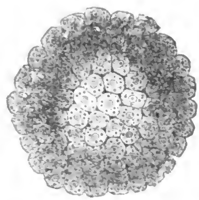
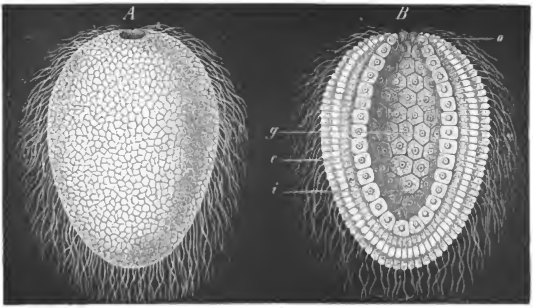


Fig. 4—7. Theilung der Eizelle oder sogenannte „Eifurchung", im Beginne der Entwickelung. Durch wiederholte Theilung entstehen aus der einfachen Eizelle (Fig. 3) zuerst zwei „Furchungszellen" (Fig. 4), dann vier (Fig. 5), darauf acht, sechzehn (Fig. 6) und endlich zahlreiche Zellen (Fig. 7). Die so entstandene, maulbeerähnliche, vielzellige Kugel oder der „Maulbeerkeim" (Morula Fig. 7) geht später in den Becherkeim oder die Gastrula über (Fig. 8). (Vergleiche meine Anthropogenie, III. Aufl. 1877, Cap. VIII.)

Diese bedeutungsvolle Arbeitstheilung der Zellen —, oder wie der Anatom sagt, die Gewebebildung, — vollzieht sich bei der individuellen Entwickelung jedes Thieres und jeder Pflanze unter unseren Augen innerhalb weniger Tage. Sie beginnt bei der Entwickelung des Thieres aus dem Ei bereits zu

jener frühen Zeit, in welcher sich die Abkömmlinge der Eizelle, die sogenannten Furchungszellen (Fig. 7), in Schichten oder Keimblätter sondern. Der Thierkeim nimmt zu dieser Zeit die Gestalt eines doppelwandigen Bechers an, und die beiden Wände dieses Becherkeims oder der „Gastrula" (Fig. 8, 9)

Fig. 8. Fig. 9.



Gastrula oder Becherkeim eines Kalkschwammes (Olynthus). Fig. 8 (*A*) von aussen, Fig. 9 (*B*) im Längsschnitt durch die Axe. *i* Innere Zellenschicht oder Darmblatt (Entoderm). *e* Aeussere Zellenschicht oder Hautblatt (Ectoderm). Die beiden Keimblätter schliessen die Magenhöhle des Thierkeims ein (*g*), die sich durch den Mund öffnet (*o*).

sind die beiden „primären Keimblätter". Aus dem inneren Keimblatte oder Darmblatte (Ectoderm, Fig. 9 *i*) entwickeln sich die Organe der Ernährung und des Stoffwechsels, die Werkzeuge der „vegetativen" Lebensthätigkeiten. Aus dem äusseren Keimblatte hingegen, dem Hautblatte oder Sinnesblatte (Exoderm, Fig. 9 *i*) entstehen die Werkzeuge der „animalen" Functionen, Muskeln und Nerven, Haut und Sinnesorgane, mit einem Worte: die Seelen-Organe. Wir müssen es als eine Thatsache von grösster Bedeutung hervorheben, dass bei allen vielzelligen Thieren, vom Hydra-Polypen bis zum Menschen hinauf, die Arbeitstheilung der Zellen in dieser Weise mit der Sonderung der beiden primären Keimblätter beginnt, und dass überall der Seelen-Apparat aus Zellen des äusseren Keimblattes hervorgeht. Bei Thieren aller Klassen entstehen Nerven, Sinnes-

organe und Muskeln aus dem „Sinnesblatt oder Hautblatt der Gastrula“ (Fig. 10—14).

Fig. 10.

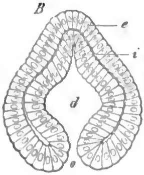


Fig. 11.

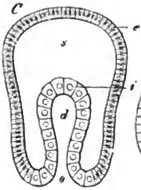


Fig. 12.

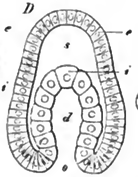


Fig. 13.

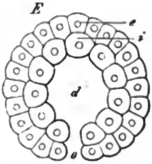
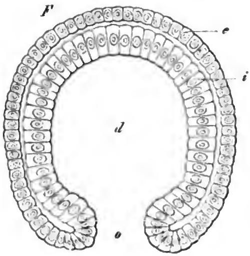


Fig. 14.



Längsschnitt durch die Gastrula oder den Becherkeim von Thieren aus fünf verschiedenen Klassen. Fig. 10 Wurm (Sagitta, *B*). Fig. 11 Seestern (Uraster, *C*). Fig. 12 Krebs (Nauplius, *D*). Fig. 13 Schnecke (Limnaeus, *E*). Fig. 14 Wirbelthier (Amphioxus, *F*). Ueberall bedeutet: *e* Hautblatt oder äusseres Keimblatt. *i* Darmblatt oder inneres Keimblatt. *d* Magenhöhle. *o* Mundöffnung.

Die Gewebebildung, die wir so unter dem Mikroskope erstaunlich rasch sich entwickeln sehen, ist nur eine kurze, durch Vererbung bedingte Wiederholung eines langen und langsamen historischen Processes, eines geschichtlichen Vorganges, der viele Jahrmillionen in Anspruch nahm und bei welchem die Arbeitstheilung der Zellen im eigentlichsten Sinne des Wortes, durch Anpassung an die verschiedenen Lebensthätigkeiten der Zellen, im Kampfe um's Dasein allmählich entstand. Die Zellen verhalten sich dabei ganz ebenso, wie die wohlerzogenen Staatsbürger eines gut eingerichteten Culturstaates. In der That ist unser eigener Leib, wie der Leib aller höheren Thiere, ein solcher civilisirter Zellenstaat. Die sogenannten „Gewebe“ des Körpers, Muskelgewebe, Nervengewebe, Drüsengewebe, Knochengewebe, Bindegewebe u. s. w., entsprechen den verschie-

denen Ständen oder Corporationen des Staates, oder noch genauer den erblichen Kasten, wie wir sie im alten Aegypten und noch heute in Indien antreffen. Die Gewebe sind erbliche Zellenkasten im Culturstaate des vielzelligen Organismus. Die Organe aber, die sich wieder aus verschiedenen Geweben zusammensetzen, sind den verschiedenen Aemtern und Instituten zu vergleichen. An der Spitze aller steht die mächtige Centralregierung, das Nervencentrum, das Gehirn. Je vollkommener das höhere Thier entwickelt, je stärker die Zellenmonarchie centralisirt ist, desto mächtiger ist das beherrschende Gehirn und desto grossartiger ist der elektrische Telegraphenapparat des Nervensystems zusammengesetzt, welcher das Gehirn mit seinen wichtigsten Regierungsbehörden, den Muskeln und Sinnesorganen, in Verbindung setzt.

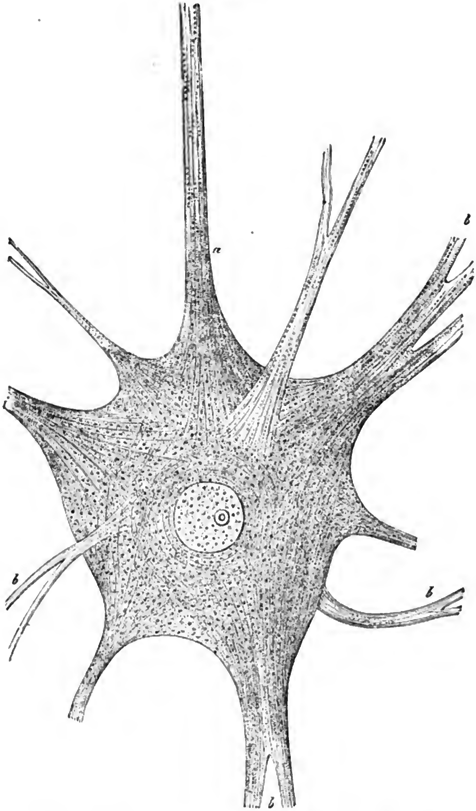
Im Vergleiche damit sehr einfach, obwohl im Wesentlichen nicht verschieden, ist die Einrichtung des Seelenapparates bei unserem vorher betrachteten Wurme. Wenn wir denselben irgendwie reizen, wenn wir seine zarte Haut mit einer Nadelspitze oder mit einem kalten Eisstückchen berühren, so wird die damit verbundene Veränderung des Druckes oder der Temperatur sofort von den empfindlichen Hautzellen wahrgenommen, welche als Grenzwächter überall an der äusseren Grenzfläche der Haut aufpassen; sie telegraphiren sofort ihre Wahrnehmung durch die Hautnerven an das Gehirn. Ebenso werden die Schallwellen, welche das Hörbläschen treffen, von den Hörzellen des letzteren als Geräusche oder Töne empfunden und vom Hörnerven dem Gehirn telegraphisch gemeldet. Nicht minder senden die Sehzellen des Auges, die von einem Lichtstrahl getroffen werden, sofort ein Licht- oder Farbentelegramm an das Gehirn. Hier sitzt die hohe Regierung des Zellenstaates, bestehend aus wenigen grossen, sternförmigen Zellen, deren verästelte Ausläufer einerseits mit den Empfindung leitenden Sinnesnerven, andererseits mit den Bewegung erregenden Muskelnerven in unmittelbarer Verbindung stehen. Sobald von den Sinnesnerven ein Telegramm über irgend eine Veränderung in der umgebenden Aussenwelt bei der Centralregierung eingetroffen ist, wird dieser Bericht als Empfindung von der zunächst erregten Hirnzelle (oder Ganglienzelle) den übrigen mitgetheilt,

und der hohe Rath beschliesst nun, was zu thun ist. Das Resultat dieses Beschlusses wird als Wille durch die Muskelnerven an die Muskeln telegraphirt, welche dem Befehle sofort durch Zusammenziehung ihrer Faserzellen, durch Bewegung, nachkommen.

Unzweifelhaft die wichtigste Rolle im Seelenleben spielen demnach die verästelten, unter einander durch Aeste netzförmig zusammenhängenden Nervenzellen des Gehirns, die Ganglienzellen oder Seelenzellen (Fig. 15); denn sie bilden in der That die Centralregierung des ganzen vielzelligen Thierkörpers. Sie nehmen alle die Berichte der Aussenwelt entgegen, welche von den Sinneszellen durch die centripetalen Telegraphendrähte der Empfindungsnerven an das Gehirn gesandt werden. Sie ertheilen aber auch zugleich alle die Befehle des Willens, welche durch die centrifugalen Leitungsbahnen der Bewegungsnerven an die Muskeln ergehen. Und daneben leisten nun ausserdem diese bewunderungswürdigen Seelenzellen des Hirns noch jene höchst merkwürdige und räthselhafte Arbeit, welche wir mit einem Worte als Vorstellung bezeichnen. Sie sind es, die bei den höheren Thieren, wie beim Menschen, die vollkommensten aller Seelenthätigkeiten, diejenigen des Denkens und des Verstandes, der Vernunft und des Bewusstseins, vermitteln.

Indem wir hier die höchste Grenze und die edelste Leistung des Seelenlebens, Vernunft und Bewusstsein, berühren, wollen wir gleich die Bemerkung anschliessen, dass uns zwar das eigentliche Wesen dieser räthselhaften Zellenarbeit noch ganz unbekannt ist, dass wir aber trotzdem im Stande sind, mit Hilfe der vergleichenden Psychologie und Entwickelungsgeschichte ein erklärendes Licht auf dieselbe fallen zu lassen. Erstens nämlich zeigt uns die vergleichende Seelenlehre der Thiere eine lange Stufenleiter der Entwickelung, auf der alle denkbaren Stufen der Vernunft und des Bewusstseins vertreten sind, vom ganz unvernünftigen bis zum ganz vernünftigen Thiere, vom Schwamme und Polypen bis zum Hunde und Elephanten. Zweitens sehen wir an jedem Kinde, wie an jedem höheren Thiere, dass Vernunft und Bewusstsein bei der Geburt noch nicht vorhanden sind, sondern sich erst langsam und allmählich

Fig. 15.



Eine Seelenzelle oder „Ganglienzelle“ aus dem Gehirn eines electrischen Fisches (Torpedo). In der Mitte der grossen verästelten Zelle liegt der kugelige Zellkern (Nucleus), der ein Kernkörperchen (Nucleolus) nebst innerstem Kernpunkt (Nucleolinus) einschliesst. Im Protoplasma der Zelle verlaufen zahlreiche feinste Fäserchen oder Fibrillen. Die Ausläufer oder Fortsätze der verästelten Zelle gehen theils in Nervenfasern über (*a*), theils (*b*) dienen sie zur Verbindung derselben mit anderen Seelenzellen.

entwickeln. Drittens endlich nehmen wir an uns selbst wahr, dass eine scharfe Grenze zwischen bewusster und unbewusster Seelenthätigkeit so wenig als zwischen vernünftigem und unvernünftigem Denken existirt, dass vielmehr diese Gegensätze ohne fixirte Grenze vielfach sich berühren und in einander übergehen.

Bekanntlich spielt gerade die dunkle Frage vom Bewusstsein eine Hauptrolle in den psychologischen Kämpfen der Gegenwart. Der berühmte Physiologe Du Bois-Reymond hat in der „Ignorabimus"-Rede auf der Leipziger Naturforscherversammlung das Bewusstsein als ein völlig unlösbares Problem, als eine Grenze des Naturerkennens bezeichnet, welche der menschliche Geist auch bei weitester Entwickelung niemals überschreiten werde. Viele Andere betrachten das Bewusstsein als einen ausschliesslichen Vorzug des Menschen, der allen Thieren gänzlich fehle. Diese letztere Ansicht wird sicher Niemand theilen, der anhaltend und aufmerksam die bewussten und überlegten Handlungen der Hunde und Pferde, der Bienen und Ameisen und anderer vernünftiger Thiere beobachtet hat. Aber auch die erstere Ansicht ist nicht haltbar. Denn aufmerksame Selbstbeobachtung lehrt uns, wie tausendfach bewusste und unbewusste Handlungen fortwährend in einander übergehen. Zahllose Verrichtungen des täglichen Lebens, wie z. B. der Gebrauch der Trinkgeschirre, der Messer und Gabeln, Lesen und Schreiben, das Spielen musikalischer Instrumente u. dergl. beruhen auf verwickelten Thätigkeiten der Nerven und Muskeln, welche ursprünglich mit sorgfältiger Ueberlegung und klarem Bewusstsein langsam erlernt werden mussten, allmählich aber durch Uebung und Gewohnheit völlig unbewusst geworden sind. Jeden Morgen, wenn wir uns waschen und anziehen, aufstehen und ausgehen, verrichten wir Hunderte von verwickelten Bewegungen völlig unbewusst, die ursprünglich mühsam und allmählich mit Bewusstsein gelernt werden mussten. Umgekehrt gelangen wieder die verschiedensten unbewussten Handlungen sofort zum klaren Bewusstsein, sobald aus irgend einem Grunde unsere Aufmerksamkeit darauf gerichtet und die Selbstbeobachtung angeregt wird. Sobald wir beim Treppensteigen fehltreten oder beim Clavierspielen eine falsche Taste greifen, werden wir uns sofort der unbewussten Handlung bewusst. Ausserdem können wir

auch zweifellos die stufenweise und allmähliche **Entwickelung des Bewusstseins** bei jedem Kinde Schritt für Schritt verfolgen. Auf Grund dieser Thatsachen zweifeln wir nicht mehr daran, dass das Bewusstsein auf einer verwickelten Thätigkeit der Seelenzellen beruht, welche erst allmählich durch **Anpassung** erworben und durch **Vererbung** neuer Anpassungen langsam weiter entwickelt wurde. Dasselbe lehrt uns die vergleichende Entwickelungsgeschichte des Seelenlebens im Thierreich. Die verwickelten Molecularbewegungen im Protoplasma der Seelenzellen, deren höchstes Resultat das Vorstellen und Denken, Vernunft und Bewusstsein ist, sind erst allmählich im Laufe vieler Jahrmillionen durch natürliche Züchtung erworben worden. Denn auch das Gehirn, das Organ jener Functionen, hat sich im Laufe dieser langen Zeiträume erst ganz langsam und stufenweise von der einfachsten zur vollkommensten Form entwickelt. Hier wie überall geht die Entwickelung des Organs Hand in Hand mit derjenigen seiner Function; das Werkzeug vervollkommnet sich mit seiner Arbeit.

Für die Begründung dieser folgenschweren Ansicht ist von grösster Bedeutung die vergleichende Beobachtung des Nervensystems der verschiedenen Thierclassen. Das einfache Gehirn des Wurmes mit den wenigen davon ausstrahlenden Nervenfäden ist der Ausgangspunkt für eine Menge von verschiedenartigen und sehr verwickelten Einrichtungen im Nervensystem der höheren Thiere geworden. Dieses letztere verhält sich zu jenem ersteren ähnlich wie das grossartige Telegraphensystem des heutigen Deutschen Reiches mit seinen Hunderten von Stationen und Tausenden von Beamten zu dem ersten einfachen Modell eines elektrischen Telegraphen, durch welches der Erfinder desselben vor vierzig Jahren eine der wichtigsten Förderungen des Gedankenaustausches der Nationen einleitete. Je höher entwickelt das Empfinden, Wollen und Denken eines Thieres ist, desto verwickelter und centralisirter ist die Zusammensetzung des Seelenapparates, der diese psychische Arbeit leistet, desto beherrschender macht sich das Nervencentrum geltend, von dem die einheitliche Leitung des Ganzen abhängt.

Gewöhnlich pflegt man daher das Centrum des Nervensystems, das Gehirn im weiteren Sinne, als den „**Sitz der**

Seele“ zu bezeichnen. Im Grunde ist jedoch dieser gebräuchliche Ausdruck unrichtig, und wir können ihm nur bildliche Geltung in demselben Sinne zugestehen, in welchem wir eine tüchtige Hausfrau als „die Seele des Hauses“, einen allmächtigen Minister als „die Seele des Staates“ bezeichnen. So wenig wir damit den anderen, von der Centralgewalt abhängigen Personen ihre individuelle Seele absprechen wollen, so wenig dürfen wir letztere in den Millionen von Zellen im Seelenapparat der höheren Thiere leugnen, deren Gehirn wir als „Sitz der Seele“ bezeichnen. Als im deutsch-französischen Kriege 1871 Paris, das in der That die Seele des centralisirten Frankreich und nach Victor Hugo sogar die Seele der Welt ist, von unserem siegreichen Heere fest eingeschlossen, als der telegraphische Verkehr mit dem übrigen Frankreich völlig abgeschnitten war, da arbeitete in den abgetrennten Gliedern des letzteren das vielverzweigte Telegraphennetz trotzdem unablässig fort, und Gambetta's unerschütterliche Seele organisirte unablässig neue Heere zum Entsatze der belagerten Hauptstadt. So lehrt uns auch das physiologische Experiment an enthaupteten Fröschen und Insecten, dass trotz der Abtrennung des Gehirns das Seelenleben in den übrigen Theilen des Körpers noch lange Zeit fortbestehen kann. Nur die einheitliche centrale Leitung des Ganzen ist zerstört; nur die höchsten Seelenleistungen, Vernunft und Bewusstsein, sind dadurch theilweise oder ganz aufgehoben; andere Leistungen dauern fort. Bringen wir einen Tropfen ätzender Säure auf die Haut des enthaupteten Frosches, so wischt er diesen ebenso geschickt ab, als ob er noch seinen Kopf besässe, und halten wir einen enthaupteten Käfer an einem Beine fest, so sucht er mit den fünf anderen noch eben so eilig und geschickt zu entfliehen, als ob er kein Gehirn verloren hätte. Sinnesthätigkeit und Empfindung, Willen und Muskelbewegung bleiben also noch lange Zeit bestehen, nachdem das Gehirn entfernt ist. Mit letzterem ist nur das einheitliche Bewusstsein, die Centralregierung verloren gegangen. Wir müssen daher wohl unterscheiden zwischen dieser bewussten Centralseele des vielzelligen Thieres und den Einzelseelen seiner zahllosen Zellen; letztere sind zwar der ersteren untergeordnet, aber immer bis zu einem gewissen Grade selbständig.

Das Organ der Centralseele ist die Gesammtheit der Seelenzellen, der Ganglienzellen des Gehirns; das Organ jeder einzelnen Zellseele hingegen ist der Leib der Zelle selbst, Protoplasma und Zellkern, oder ein Theil derselben.

II.

Für die Vergleichung der niederen und höheren Entwickelungsstufen des Seelenlebens ist vielleicht, nächst den Säugethieren, keine Thierclasse von solcher Bedeutung, wie diejenige der Insecten. Denn obgleich alle die zahllosen verschiedenen Insectenarten nur endlose Variationen eines einzigen ursprünglichen Themas darstellen, obgleich die neuere Stammesgeschichte demgemäss alle Schmetterlinge und Käfer, alle Fliegen und Bienen, alle Gradflügler und Netzflügler von einer einzigen gemeinsamen Stammform ableitet, so sind dennoch die Unterschiede in der Entwickelung ihrer Seelenthätigkeit ganz ausserordentlich gross. Die allbekannten Gegensätze zwischen der dummen Gans und dem scharfsinnigen Falken, zwischen dem stupiden Rhinoceros und dem klugen Elephanten erscheinen unbedeutend im Vergleiche zu den ungeheuren Contrasten, welche uns die Seelenthätigkeit der verschiedenen Insecten darbietet. Einerseits bleiben viele niedere Insecten, z. B. Blattläuse, Schildläuse, Wanzen und überhaupt parasitische Insecten verschiedener Ordnungen, auf einer sehr tiefen Stufe der Ausbildung stehen, die sich nicht über diejenige der meisten Würmer erhebt: Essen und Trinken ist ihr einziges Bedürfniss. Andererseits erheben sich die höheren, und vor Allen die socialen Insecten, die staatenbildenden Bienen und Wespen, Ameisen und Termiten, zu einer Höhe der Geistesthätigkeit, welche nur den Vergleich mit derjenigen der staatenbildenden Culturvölker gestattet. Die wunderbare Arbeitstheilung, insbesondere der Ameisen, führt zur Gliederung ihres Staates in verschiedene Stände, deren Angehörige sich durch besondere Merkmale und Eigenthümlichkeiten auszeichnen. Da unterscheiden wir nicht allein männliche und weibliche Personen, sondern auch Soldaten und Arbeiter, Bauern und Bauleute, Gouvernanten und Sclaven. Ihre landwirthschaftliche und gärtnerische Thätigkeit beschränkt sich nicht auf das sorgfältige Sammeln von Vorräthen und Einmachen von Früchten,

sondern erhebt sich zum wirklichen Gemüsebau und zur sorgfältigen Zucht ihres Melkviehes, der Blattläuse, deren süssen Honigsaft sie saugen. Nicht weniger bewunderungswürdig ist das architektonische Talent der Ameisen und Termiten, das sich in der Anlage ihrer grossartigen Paläste zeigt, mit tausenden von Sälen und Kammern, Corridoren und Treppen, Thüren und Fenstern. Aber über diesen Künsten des Friedens vergessen sie nicht die Pflege der rauhen Kriegskunst, und das strategische Talent, mit welchem kämpfende Ameisenheere heutzutage einander zu umgehen und einzuschliessen suchen, zeigt deutlich, dass auch sie Kinder des eisernen neunzehnten Jahrhunderts sind. Hat sich doch sogar bei einigen südamerikanischen Ameisenarten aus der übermässigen Waffenübung ein ausschliesslicher Militarismus entwickelt, welcher zur gänzlichen Aufgabe der früheren friedlichen Beschäftigung und zum Räuberleben der Tscherkessenhorden geführt hat. Vergessen wir endlich nicht, dass sogar die menschliche Culturinstitution der Sclaverei von den Ameisen schon länger, als von unserem eigenen, hochcivilisirten und feudal organisirten Geschlechte geübt wird. Es gibt Ameisenstaaten, die förmliche Sclavenzucht treiben, die anderen Ameisenarten ihre Jungen rauben und sich daraus treue Sclaven ziehen; ja diese Sclaven setzen sogar später, alle Bande der Natur verleugnend, den Vortheil ihrer grausamen Herren über denjenigen ihrer eigenen Rasse und helfen ersteren selbst auf ihren Raubzügen neue Sclavenschaaren rauben! Obgleich diese höchst interessanten Thatsachen aus dem Geistesleben der Ameisen schon vor mehr als hundert Jahren von Huber und anderen Entomologen entdeckt wurden, hielt man sie doch lange Zeit für fabelhafte Phantasieerzeugnisse, und erst die zahlreichen Untersuchungen der neueren Zeit haben sie vollkommen bestätigt und neue weitere Entdeckungen hinzugefügt.

Sicher sind die intellectuellen Gegensätze zwischen den klugen Ameisen und ihrem dummen Melkvieh, den Blattläusen, grösser, als der ungeheuere Abstand zwischen dem göttergleichen Genius eines Goethe oder Shakespeare und der dürftigen Thierseele eines Hottentotten oder Australnegers. Und dennoch besteht hier wie dort zwischen den äussersten Gegensätzen eine lange Reihe von vermittelnden Zwischenstufen. Dennoch ist die

Ursprungsquelle Aller gemeinsam. Wie die meisten Menschen unser Geschlecht von einem gemeinsamen Stammvater aller Menschen ableiten, so nehmen fast alle Zoologen übereinstimmend an, dass alle jene verschiedenen Insectengruppen von einem gemeinsamen Stamminsecte abstammen. Mithin müssen die höchst verschiedenen Seelenthätigkeiten derselben durch Anpassung an verschiedene Lebensbedingungen allmählich sich entwickelt haben, und durch fortgesetzte Vererbung sind dieselben dann zu sogenannten Instincten geworden.

Kein Begriff hat in der vergleichenden Seelenlehre so viel Irrthümer und Missverständnisse hervorgerufen, als der sogenannte „Instinct“. Indem nämlich die ältere Naturgeschichte alle einzelnen Thierarten mit ihren besonderen Eigenschaften durch einen übernatürlichen Schöpfungsact entstehen liess, musste sie zugleich annehmen, dass mit demselben auch die specifische Seelenthätigkeit einer jeden Art anerschaffen wurde, und dass durch diesen Zwangspass jeder Schritt im Leben des Thieres von vornherein fest bestimmt sei. Die Summe der Triebe, welche demgemäss unabänderlich und unfehlbar die Handlungsweise der Thierart bestimmen sollten, und unter denen die merkwürdigsten die sogenannten Kunsttriebe der nesterbauenden Vögel, Bienen u. s. w. sind, beobachtete man so als ursprünglich anerschaffenen Instinct. Diese allgemein verbreitete Ansicht ist völlig unhaltbar geworden, seit wir durch Darwin wissen, dass weder die einzelnen Thierarten als solche erschaffen, noch ihre besonderen Instincte unveränderlich sind. Wir wissen jetzt, dass alle Arten einer Thierclasse ursprünglich von einer gemeinsamen Stammart abstammen, und dass, gleich anderen Eigenschaften derselben, auch ihre Instincte der Abänderung und Umbildung durch den mächtigen Einfluss der natürlichen Züchtung unterliegen. Werden die Thiere unter neue, ungewohnte Lebensbedingungen versetzt, so passen sie sich diesen an, kommen auf neue Gedanken, machen neue Erfindungen, erwerben neue Instincte. Noth macht erfinderisch, und Uebung macht den Meister. Der harte Kampf um's Dasein stellt eben überall und jederzeit so strenge Anforderungen an den Selbsterhaltungstrieb der Thiere, dass sie zum Lernen und Arbeiten eben so gezwungen sind, wie der Mensch. Es ist nicht wahr, wenn noch

heute vielfach behauptet wird, die Biber bauten ihre Wasserpaläste, die Schwalben ihre Nester, die Bienen ihre Honigwaben jederzeit und überall in der gleichen Weise, heute wie vor zweitausend und achttausend Jahren. Vielmehr wissen wir durch zuverlässigste Beobachtung, dass selbst diese hoch entwickelten Kunsttriebe der Abänderung ganz bedeutend unterliegen und den vortheilhaften Bedingungen der einzelnen Localität sich anpassen. Die letzten Mohikaner des Bibergeschlechts, die heute noch in Deutschland hier und da leben, haben sich dem Polizeizwange des Culturlebens angepasst und bauen nicht mehr jene grossartigen Wasserpaläste, wie ihre Vorfahren vor zweitausend Jahren. Während der Kukuk bei uns in Europa seine Eier in fremde Nester legt, hat er in Amerika diese schlechte Gewohnheit nicht angenommen. Wie die speciellen Sitten der Bienen in den einzelnen Bienenstöcken vielfach abändern, weiss jeder erfahrene Bienenzüchter. Dass die Nachtigallen, Finken und andere Singvögel neue Melodien lernen, durch Nachahmung neue Tonfolgen sich aneignen, mithin ihren musikalischen Instinct ändern, ist allgemein bekannt. Und sehen wir nicht handgreiflich an unseren Haushunden, Jagdhunden, Dachshunden, Schäferhunden u. s. w., wie neue verschiedenartige „Instincte“ durch Erziehung, durch Uebung und Gewohnheit angelernt worden sind?

Die unbefangen vergleichende und vorurtheilsfrei prüfende Beobachtung stellt also unzweifelhaft fest, dass der sogenannte „Instinct“ der Thiere nichts Anderes ist, als eine Summe von Seelenthätigkeiten, die ursprünglich durch Anpassung erworben, durch Gewohnheit befestigt und durch Vererbung von Generation zu Generation übertragen worden sind. Ursprünglich mit Bewusstsein und Ueberlegung ausgeführt, sind viele Instincthandlungen der Thiere im Laufe der Zeit unbewusste geworden, wie das ganz in gleicher Weise auch von den gewöhnlichen Vernunfthandlungen des Menschen gilt. Auch diese können mit gleichem Rechte als Aeusserungen eines angeborenen Instincts betrachtet werden, wie das ja auch häufig mit dem Selbsterhaltungstriebe, der Mutterliebe, dem Geselligkeitstriebe u. s. w. geschieht. Mithin ist weder der Instinct eine ausschliessliche Gehirneigenschaft des Thieres, noch die Vernunft ein be-

sonderer Vorzug des Menschen. Vielmehr ergibt sich für die unbefangen vergleichende Seelenlehre eine lange, lange Stufenleiter von allmählichen Ausbildungsstufen und Entwickelungsformen des Seelenlebens, welche von den höheren zu den niederen Menschen, von den vollkommenen zu den unvollkommenen Thieren Schritt für Schritt hinabführt, bis zu jenem einfachen Wurme, dessen einfacher Nervenknoten den Ausgangspunkt für alle die zahllosen Hirnformen dieser Stufenleiter liefert.

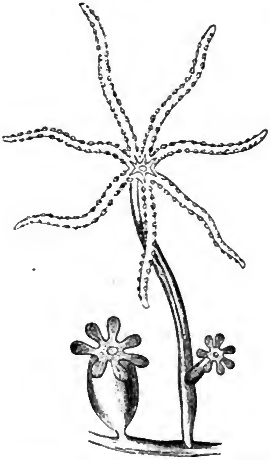
Da in der That nirgends auf dieser Stufenleiter eine Unterbrechung existirt, und da der einfache Seelenapparat unseres Wurmes bereits alle die Formelemente — Nerven, Sinnesorgane und Muskeln — enthält, aus denen sich in höchst verwickelter Weise auch der bewunderungswürdige Seelenapparat der Ameise und des Menschen aufbaut, so nehmen die Naturforscher jetzt allgemein an, dass bei allen diesen, mit einem Nervensystem ausgerüsteten Thieren ein Seelenleben oder „eine Seele“ existirt.

III.

Wie steht es aber nun mit jenen niederen Thieren, denen ein Nervensystem, selbst in einfachster Form, fehlt, bei den Korallen, Polypen, Schwämmen u. s. w.? Bildet hier der Mangel des Nervensystems die untere Grenze des Seelenlebens? Oder gibt es hier eine Seele ohne Nerven? Angesehene Naturforscher, z. B. Virchow und Du Bois-Reymond, verneinen letztere Frage und behaupten, dass von einem wirklichen Seelenleben bei diesen nervenlosen Thieren keine Rede sein könne. Wir sind entgegengesetzter Ansicht und stützen uns dabei auf die Zustimmung aller Zoologen, welche mit der genauen Beobachtung solcher nervenloser Thiere sich lange und anhaltend beschäftigt haben. Ja, wir sind sogar der Ueberzeugung, dass gerade diese nervenlosen und doch beseelten Thiere für die vergleichende Psychologie von höchstem Interesse sind und uns erst den wahren Schlüssel für das Verständniss der Seelenentwickelung liefern.

Das lehrreichste, bekannteste und am genauesten untersuchte Thierchen aus dieser merkwürdigen Gruppe von niederen Thieren ist der gemeine Süsswasser-Polyp, die Hydra (Fig. 16). Zwar ist dieses kleine, zarte, nur wenige Millimeter grosse

Fig. 16.



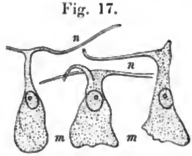
Zwei Süsswasser-Polypen (Hydra), der eine (links) zusammengezogen, der andere (rechts) ausgedehnt; letzterer trägt eine Knospe, die bereits sechs kurze Fangfäden besitzt.

Wesen allenthalben in unseren Seen, Teichen und Tümpeln verbreitet und jederzeit in Menge zu haben; aber nur Wenige ahnen, welche Fülle von wichtigen Aufschlüssen uns das unscheinbare Wesen über die wichtigsten Geheimnisse des Lebens liefert. Der einfache Körper hat die Gestalt eines länglichrunden Bechers, der bald grau oder grün, bald braun oder roth gefärbt ist. Die Höhle des Bechers ist der Magen der Hydra, seine Oeffnung der Mund. Um den Mund herum steht ein Kranz von 4—8 feinen Fäden, die sowohl als Fühlhörner zum Tasten wie als Fangfäden zum Ergreifen der Nahrung dienen. Nach Augen und Ohren, nach Muskeln und Nerven suchen wir bei unserer Hydra vergeblich, und dennoch überzeugen wir uns, dass sie sehr empfindlich und beweglich ist. Berühren wir den schlanken, lang ausgestreckten Körper nur leise mit einer Nadelspitze, so zieht er sich augenblicklich zu einem runden Kügelchen zusammen (Fig. 16 links). Setzen wir ein Wasserglas mit Hydren an das Fenster, so haben sich in wenigen Stunden alle Polypen an der Lichtseite des Glases angesammelt. Sie empfinden also Licht, obgleich sie keine Augen haben, und bewegen sich kriechend nach dem Lichte hin, obgleich ihnen die Muskeln fehlen. Empfindung und willkürliche Bewegung, die wichtigsten Kennzeichen thierischen Seelenlebens, sind demnach ohne Zweifel vorhanden, und trotzdem fehlen ihnen die eigentlichen Organe der Seele, die

Muskeln und Nerven! Wie ist dies Räthsel zu erklären? Haben wir hier eine Function ohne Organ, eine Seele ohne Seelenapparat?

Die entscheidende Antwort auf diese Frage gibt das Mikroskop. Der becherförmige Leib der Hydra besteht eigentlich aus zwei in einander gesteckten Bechern von gleicher Gestalt, deren Wände sich überall eng berühren. Er gleicht also im Wesentlichen der Gastrula (Fig. 8, 9). Betrachten wir nun die dünne Doppelwand des hohlen Hydrakörpers auf feinen Durchschnitten bei starker Vergrösserung, so sehen wir, dass jeder der beiden Becher aus einer besonderen Schicht von Zellen zusammengesetzt ist. Diese beiden Zellenschichten haben ganz verschiedene Eigenschaften und Bedeutung. Die Zellen der inneren Schicht besorgen ausschliesslich die vegetativen Arbeiten der Ernährung, der Verdauung und des Stoffwechsels. Die Zellen der äusseren Schicht dagegen vermitteln die animalen Thätigkeiten der Empfindung und Bewegung. Zerzupfen wir diese äussere Hautschicht mit Nadeln, so bemerken wir an vielen der isolirten Hautzellen einen oder mehrere lange fadenförmige Fortsätze (Fig. 17). Genauere Untersuchung lehrt, dass diese dünnen Fäden ringförmig zwischen beiden Schichten um den becherförmigen Körper herumlaufen und dessen Zusammenziehung, einem Muskel gleich, vermitteln, während der äussere, rundliche, kernhaltige Theil derselben Zellen empfindlich ist. Wir stehen hier also vor der merkwürdigen und hochwichtigen Thatsache, dass eine einzige Zelle die wichtigsten Arbeiten der Seele für sich allein vollzieht: der äussere, rundliche Theil der Zelle die Empfindung, der innere, fadenförmige Theil den Willen, die willkürliche Bewegung. Die äussere Hälfte der Zelle ist Nerv, die innere Hälfte Muskel; mit Recht hat daher ihr Entdecker Kleinenberg diese Seelenzellen der Hydra „Neuromuskelzellen“ genannt. Der ganze Seelenapparat unserer Polypen besteht aus weiter Nichts, als aus einer einfachen Schicht

Fig. 17.



Drei Neuromuskelzellen der Hydra. Der äussere (kernhaltige) Theil derselben ist empfindlich, nervös (*n*); der innere (fadenförmige) beweglich, muskulös (*m*).

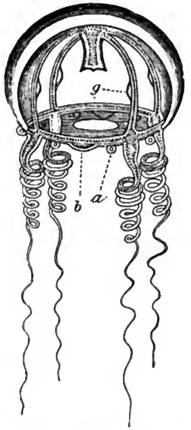
solcher Neuromuskelzellen; und jede einzelne dieser Zellen leistet in einfachster Weise dasselbe, was in ungleich vollkommenerer Form der verwickelte Seelenapparat der höheren Thiere mit seinen verschiedenen Nervenzellen, Muskelzellen, Sinneszellen u. s. w. vermag. Natürlich fehlt es aber hier gänzlich an einem Centralapparat, an einem Gehirn, und statt dessen ist der „Sitz der Seele“ bei unserem kleinen Polypen die ganze äussere Haut. Wir werden uns daher auch nicht mehr über die erstaunliche, durch Trembley's Experimente schon seit 1744 berühmt gewordene Theilbarkeit der Hydra wundern. Wenn wir heute einen Süsswasserpolypen in fünfzig kleine Stückchen zerschneiden, so entwickeln sich daraus in wenigen Wochen ebenso viele vollständige Polypen. Jedes Theilstückchen des becherförmigen Körpers wächst sofort wieder zu einem ganzen Polypen heran. Die Zellseelen aller einzelnen Neuromuskelzellen sind vollständig gleich.

Die Neuromuskelzellen der Hydra sind also, wie die Berliner Hausfrau sagt: „Mädchen für Alles“. Jede einzelne besorgt in der Seelen-Wirthschaft dieses kleinen Polypen alle die verschiedenen Arbeiten, welche bei den höheren Thieren auf die Muskelzellen, Nervenzellen und Sinneszellen verschiedener Art vertheilt sind. Alle diese letzteren, unter sich so sehr verschiedenen Arten von Zellen sind mithin erst durch Arbeitstheilung aus einfachen Neuromuskelzellen entstanden.

Das nächste Resultat dieser Arbeitstheilung zeigen uns die schirmförmigen Seeglocken, Quallen oder Medusen, welche den Hydrapolypen zwar nahe verwandt, aber schon beträchtlich höher entwickelt sind (Fig. 18). Wer einige Wochen am Meeresstrande war, hat gewiss bisweilen Schaaren von diesen schönen, glockenförmigen, gallertweichen Thieren schwimmen sehen, und wer beim Seebaden mit ihnen in unliebsame Berührung kam, wird sich des unangenehmen brennenden Gefühls erinnern, das dadurch, wie durch die Berührung einer Brennnessel, hervorgerufen wurde. Die grössere Thiergruppe, zu der die Medusen gehören, heisst daher „Nesselthiere oder Acalephen“. Haben wir nun eine solche Meduse vorsichtig mit Hülfe eines grossen Glasgefässes aus dem Meere geschöpft und untersuchen wir ihren Körperbau genauer, so entdecken wir bereits besondere Seelen-

organe. Am Rande ihres schirmförmigen Körpers halten wirkliche Augen einfachster Art und Gehörbläschen Wache, und aufmerksame Nerven vermitteln den Verkehr zwischen den Sinneszellen und den Muskelzellen, welche die kräftigen Schwimmbewegungen der Medusen bewirken. Aber auch hier stehen Muskeln und Nerven noch in innigster Verbindung mit ihrer Ursprungsstätte, der äusseren Haut, und ein eigentliches Gehirn, als einheitliches Centralorgan des ganzen Seelenapparats, fehlt noch den Medusen.

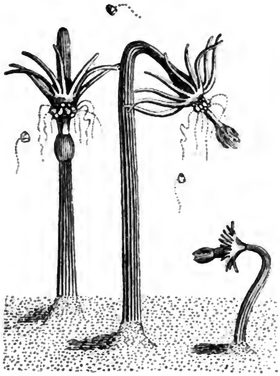
Fig. 18.



Eine Meduse (Eucope). In der Mitte des glockenförmigen Körpers hängt oben der Magen, von welchem vier Ernährungs-Canäle zum Rande des Schirmes gehen. In der Mitte der Canäle liegen die Eier (*g*). Am Rande des Schirms (*b*) hängen vier Fangfäden und dazwischen acht Gehörbläschen (*a*).

Verglichen mit dem einfachen, winzigen, festsitzenden Hydrapolypen erscheint uns die grosse, schöne, lebhaft schwimmende Meduse unzweifelhaft als ein weit höheres und vollkommeneres Thier. Und dennoch stehen diese beiden Thierformen, die man früher in gänzlich verschiedene Classen stellte, im allernächsten verwandtschaftlichen Zusammenhang; denn historisch hat sich die Medusenform aus der Hydraform entwickelt. Ja, noch heutigen Tages entstehen die meisten Medusen direct aus Polypen. Aus der Magenwandung des kleinen hydraähnlichen Meerespolypen (Fig. 19) wächst eine Knospe hervor, die sich allmählich zur Meduse ausbildet, später wie die reife Frucht vom Baum abfällt und frei umherschwimmt. Aus den Eiern dieser Meduse (Fig. 20) entstehen aber nicht wieder Medusen, sondern Polypen, Keime, die sich festsetzen und zu hydraähnlichen Bechern auswachsen. Bei diesem berühmten „Generationswechsel" gehen also regelmässig abwechselnd zwei ganz verschiedene Thierformen aus einander hervor: die Urgrossmutter gleicht der Mutter, die Grossmutter der Enkelin; beide Reihen aber sind sich höchst

Fig. 19.



Drei hydraförmige Polypen (Corymorpha), welche auf dem Meeresboden festsitzen. Zwei derselben treiben Medusen-Knospen (Steenstrupia), von denen sich drei bereits abgelöst haben.

Fig. 20.



Eine Meduse (Steenstrupia), durch Knospung aus dem vorigen Polypen (Fig. 19) entstanden. In der Mitte der Glocke hängt der Magen herab, von dem vier Kanäle zum Rande des Schirms gehen. Am Rande sitzen vier Augen, aber nur ein langer Fangfaden.

unähnlich. Die 1., 3., 5., 7. Generation sind kleine, niedere, festsitzende Polypen (Fig. 19); die 2., 4., 6., 8. Generation hingegen wird durch grosse, höhere, freischwimmende Medusen vertreten (Fig. 20). Und was für uns hier das Interessanteste ist, die letzteren haben Nerven, Muskeln und Sinnesorgane, die ersteren statt dessen blos eine dünne Haut, die aus einer Schicht Neuromuskelzellen besteht. Beide Generationen sind beseelt, besitzen Willen und Empfindung. Aber natürlich erhebt sich das einfache und niedere Seelenleben der Polypen nicht zu der Höhe der Medusenseele; erst viel später hat sich die letztere aus der ersteren historisch entwickelt.

Auch noch in anderer Beziehung ist die merkwürdige Thierclasse der Hydromedusen für die vergleichende Seelenlehre von

höchstem Interesse. Denn aus ihr haben sich die Staatsquallen oder Siphonophoren entwickelt, jene schwimmenden Thierstöcke, welche für die Lehre von der Arbeitstheilung ausserordentlich wichtig sind. Man findet die Siphonophoren schwimmend auf dem glatten Spiegel der wärmeren Meere, jedoch nur zu gewissen Zeiten und nicht häufig; sie gehören zu den prachtvollsten Gebilden der unerschöpflich reichen Natur, und wer jemals das Glück hatte, lebende Siphonophoren anhaltend zu beobachten, wird das herrliche Schauspiel ihrer wunderbaren Gestaltungen und Bewegungen nie vergessen. Am besten vergleicht man eine solche Siphonophore mit einem schwimmenden Blumenstock, dessen bunte Blätter, Blüthen und Früchte zierlich geformt, zart gefärbt und wie aus geschliffenem Krystallglase gebildet sind (Fig. 21). Jeder einzelne, blumenähnliche oder fruchtförmige Anhang des schwimmenden Stockes ist eigentlich eine Medusenperson, d. h. ein medusenartiges Einzelthier. Die verschiedenen Medusen der Gesellschaft haben aber durch Arbeitstheilung ganz verschiedenartige Formen angenommen. Ein Theil von diesen Medusen besorgt blos die Schwimmbewegung (*m*), ein anderer die Nahrungsaufnahme und Verdanung (*n*), ein dritter die sinnliche Em-

Fig. 21.



Eine Staatsqualle oder Siphonophore (Physophora), im Meere schwimmend. *a* Luftblase oder Schwimmblase an deren oberen Ende. *m* Schwimm-Personen oder Schwimm-Glocken; *o* deren Schirm-Oeffnung. *t* Gefühlspersonen oder Tast-Polypen. *g* Eibildende oder weibliche Personen. *n* Nähr-Personen oder Ess-Polypen.

pfindung (*t*), ein vierter den Schutz und Trutz, ein fünfter die Eibildung (*g*) u. s. w. Die verschiedenen Lebensaufgaben, welche jede einzelne gewöhnliche Meduse für sich vollzieht, sind also hier auf die verschiedenen Personen der Gesellschaft vertheilt, und diese haben alle ihren Körper, ihrer besonderen Lebensaufgabe entsprechend, umgebildet.

Aehnlich wie im Ameisenstaate sind also auch hier im Siphonophorenstaate viele verschieden geformte Thiere einer Art zu einer höheren socialen Gemeinschaft verbunden. Während aber in dem viel höher stehenden Ameisenstaate das ideale Band der socialen Interessen und des staatlichen Pflichtgefühls die freien Staatsbürger zusammenhält, sind hier im Siphonophorenstaate die einzelnen Gemeindeglieder unmittelbar in körperlichem Zusammenhang, als Sclaven an das Joch der Staatskette geschmiedet. Zwar besitzt auch hier jede einzelne Person ihre persönliche Seele; abgetrennt vom Stocke kann sie sich willkürlich bewegen und selbständig empfinden. Ausserdem aber besitzt der ganze Stock noch einen einheitlichen Centralwillen, von dem die einzelnen Personen abhängen, und eine Gemeinempfindung, welche jede Wahrnehmung einer einzelnen Person sofort allen übrigen mittheilt. Jede von diesen Medusenpersonen des Siphonophorenstockes kann also mit Faust von sich sagen: „Zwei Seelen wohnen, ach, in meiner Brust!“ Die egoistische Seele der einzelnen Person lebt in Compromiss mit der socialen Seele des ganzen Stockes oder Staates.

Wehe denjenigen Medusen des Siphonophorenstockes, welche in verblendetem Egoismus sich von ihren Gemeinden losreissen und auf eigene Hand ein freies Leben führen wollen! Unfähig, alle die einzelnen Arbeiten zu leisten, welche zu ihrer Selbsterhaltung nöthig sind und welche sie von ihren verschiedenen Mitbürgern geleistet erhalten, gehen sie, getrennt von letzteren, rasch zu Grunde. Denn die eine Meduse des Stockes kann ja nur schwimmen, die zweite nur empfinden, die dritte nur essen, die vierte nur Beute fangen und Feinde abwehren u. s. w. Nur das harmonische Zusammenwirken und die gegenseitige Hülfsleistung aller Mitglieder dieser schwimmenden Genossenschaften, nur der Gemeinsinn, die Centralseele, welche Alle mit einander in treuer Liebe verbindet, vermag der Existenz

der Einzelnen, wie des grossen Ganzen, dauernd Bestand zu verleihen. So ermöglicht auch nur die treue Erfüllung der bürgerlichen und socialen Pflichten von Seiten der Staatsbürger den dauernden Bestand der menschlichen Culturstaaten.

IV.

Die wichtigste Lehre, welche wir aus der aufmerksamen Beobachtung dieser merkwürdigen Siphonophorenstöcke für unsere Seelenfrage gewinnen, ist jedenfalls die bedeutungsvolle Ueberzeugung, dass die einheitliche Seele eines scheinbar einfachen Thieres in Wirklichkeit aus zahlreichen verschiedenen Seelen zusammengesetzt sein kann. Die Einheit der Seele ist in den zarten Empfindungen und lebhaften Bewegungen der Siphonophoren so ausgesprochen, dass frühere Zoologen den ganzen Stock ohne Bedenken als ein einziges einfaches Thier, als eine einzelne Person auffassten, und dass selbst jetzt noch diese unrichtige Ansicht namhafte Vertreter findet. Unbefangene Zergliederung und Beobachtung der Entwickelung überzeugt uns aber leicht, dass die anscheinend einfache Seele hier in Wahrheit nur die Summe der verbundenen Einzelseelen ist. So befremdend diese Thatsache zunächst erscheint, so finden wir etwas Aehnliches doch bei allen socialen Thieren, und also auch beim Menschen, wieder. Sprechen wir nicht von einem Volksgeist, von einem Staatsgefühl, von einem Nationalwillen? Und sehen wir nicht an tausend Beispielen der Geschichte, wie diese Volksseele, dieser Nationalgeist ebenso einheitlich empfindet und denkt, will und handelt, wie ein einzelner Mensch? Wie ein Mann erhebt sich unter dem Drucke eines grausamen Despoten das ganze Volk und stürzt den Tyrannenthron in Trümmer; wie ein Mann empfindet eine gekränkte Nation die schmachvolle Verletzung ihrer Ehre und rächt sich an dem Beleidiger. Wenn vor 1400 Jahren die unwiderstehliche Fluth der Völkerwanderung ganz Europa überschwemmte, wenn ebenso unbezwinglich 1848 alle Nationen Europas neue und freie Bahnen für ihre politische Entwickelung sich eroberten, so tritt uns in diesen welthistorischen Momenten die einheitliche Macht der Idee, d. h. einer bestimmten Form der Vorstellung und des Willens, in ihrer ganzen Grösse entgegen. Und doch ist diese

scheinbare Einheit der Idee in Wirklichkeit die Summe vieler tausend Einzelideen, die in den einzelnen Seelen aller Staatsbürger — oder doch der überwiegenden Mehrheit — sich in einer gleichen Richtung gleichstrebend bewegen.

Was hier das Seelenleben der Nationen im Grossen, dasselbe zeigt uns das Geistesleben der einzelnen Menschen wie der höheren Thiere im Kleinen. Denn auch hier löst sich für den tiefer eindringenden Blick des Zoologen die scheinbare Einheit der Seele auf in die Summe der einzelnen Zellseelen, die gesonderten Seelenthätigkeiten der zahllosen Zellen, aus denen sich der ganze vielzellige Organismus zusammensetzt. Allerdings konnten wir beim Menschen und den höheren Thieren die Zellen des Gehirns deshalb als die „Seelenzellen" im engeren Sinne bezeichnen, weil sie ganz überwiegend die Einheit des Zellenstaates repräsentiren und die einheitliche Regierung desselben leiten. Aber doch dürfen wir dabei nicht vergessen, dass diese Oberherrschaft der leitenden Seelenzellen erst durch weitvorgeschrittene Arbeitstheilung und Centralisation erworben ist, und dass dessen ungeachtet das besondere Seelenleben jeder einzelnen Zelle der übrigen Gewebe noch fortbesteht. Jede einzelne Blutzelle, Knochenzelle, Hautzelle u. s. w. behält ihre eigene selbständige Empfindung und ihren eigenen Willen bis zu einem gewissen Grade bei, mag sie auch in der Hauptsache dem allmächtigen Einflusse der herrschenden Hirnzellen ganz untergeordnet sein.

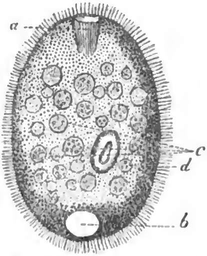
Die Zellseele ist daher eine ganz allgemeine, die Seelenzelle hingegen eine besondere Erscheinung des organischen Lebens. Eine Zellseele müssen wir schliesslich jeder einzelnen lebenden Zelle zugestehen; eigentliche Seelenzellen hingegen finden sich nur bei den höheren Thieren, im Centralnervensystem, und vermitteln hier ausschliesslich in höherer Form diejenigen Thätigkeiten der Seele, welche ursprünglich in niederer Form von allen Zellen geübt wurden. Aber auch diese höchst entwickelten, aristokratischen Seelenzellen stammen ursprünglich von einfachen Zellen niedersten Standes ab, die mit einer ganz gewöhnlichen Zellseele begabt waren.

Freilich ist diese unsere Auffassung von der Zellseele heute noch keineswegs allgemein anerkannt und wird noch heute von

namhaften Autoritäten, z. B. von Virchow, energisch bekämpft. Aber auf dem festen Grunde unserer heutigen, von Darwin reformirten Entwickelungslehre müssen wir behaupten, dass unsere Theorie der Zellseele eine ebenso nothwendige als wichtige Consequenz der einheitlichen oder monistischen Naturauffassung ist. Mag es daher schliesslich gestattet sein, noch einen flüchtigen Blick auf jene niederste Gruppe von Wesen zu werfen, die uns ganz besonders für die Wahrheit dieser folgenschweren Theorie Zeugniss abzulegen scheinen.

Tief unten auf der niedersten Stufe des organischen Lebens, mitten inne zwischen den Grenzen des Thier- und Pflanzenreichs und beide grossen Reiche auf das Engste verbindend, lebt und webt jene wunderbare Welt von mikroskopischen, dem blossen Auge unsichtbaren Organismen, die wir gewöhnlich als Urthierchen oder Infusionsthierchen, Protozoen oder Protisten bezeichnen. Die grosse Mehrzahl dieser Protisten bleibt zeitlebens auf der Formstufe einer einzigen einfachen Zelle stehen, und dennoch besitzt diese Zelle unstreitig sowohl Empfindung wie willkürliche Bewegung. Bei den lebhaften Wimperthierchen (oder Ciliaten Fig. 22) äussern sich diese Seelenthätigkeiten sogar in so auffallendem Maasse, dass der berühmte Infusorienforscher Ehrenberg mit der grössten Bestimmtheit unerschütterlich behauptete, auch hier müssten Nerven und Muskeln, Gehirn und Sinnesorgane vorhanden sein. Und dennoch fehlt davon thatsächlich jede Spur. Einzig und allein das Protoplasma des Zellenleibes, die Kernsubstanz des darin eingeschlossenen Zellkerns, sind hier die materiellen Träger des Seelen-

Fig. 22.

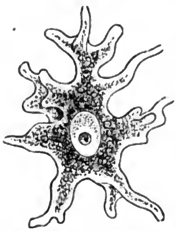


Ein einzelliges Infusorium aus der Classe der Wimperthierchen oder Ciliaten (Prorodon). *a* Mundöffnung der Zelle mit trichterförmigem Schlundrohr. *b* contractile Blase. *c* Verschluckte Nahrungsballen im Protoplasma-Leib der Zelle. *d* Kern der Zelle. Auf der ganzen Oberfläche der Zelle stehen feine Härchen oder Wimpern, die sowohl zur Empfindung wie zur willkürlichen Bewegung dienen.

lebens, bilden einen Seelenapparat einfachster Art. Und wenn wir nun sogar uns überzeugen, dass es schon bei diesen einzelligen Infusionsthierchen sehr verschiedene Charaktere und Temperamente, kluge und thörichte, starke und schwache, lebhafte und stumpfe, lichtfreundliche und lichtscheue Individuen gibt, so können wir uns die zahlreichen Abstufungen im Seelenleben dieser kleinen Geschöpfe nur durch die Annahme feiner Mischungsunterschiede in ihrem Protoplasmaleibe erklären.

Von besonderem Interesse sind unter diesen einzelligen Protisten die sogenannten Amoeben, die überall im süssen Wasser wie im Meere durch das Mikroskop nachgewiesen werden (Fig. 23). Ihr ganz nackter und einfacher Zellenleib besitzt gar keine bestimmte Form, sondern ändert dieselbe fortwährend willkürlich, indem er bald an dieser, bald an jener Stelle seiner Oberfläche einen vergänglichen fingerförmigen Fortsatz hervorstreckt. Diese vergänglichen „Scheinfüsschen" oder Pseudopodien, die in beständigem Wechsel entstehen und vergehen, dienen der kriechenden Amoebe sowohl zur willkürlichen Ortsbewegung, gleich Füsschen, als auch zur Empfindung, gleich Fühlfäden. Von solchen Amoeben nicht wesentlich verschieden sind aber auch viele selbständige Zellen im Leibe der höheren Thiere, namentlich viele umherschweifende „Wanderzellen". Zu diesen amoeboiden Wanderzellen gehören z. B. die Lymphzellen in unseren Lymphadern und die farblosen Blutzellen in unserem Blute, die zu Milliarden rastlos in den verschiedensten Theilen unseres Körpers sich umherbewegen. Auch die jugendlichen Eizellen der Thiere sind in gleicher Weise mit willkürlicher Bewegung und Empfindung begabt; bei vielen Schwämmen oder Spongien wandern diese unruhigen Geister sogar frei im Körper des Thieres umher (Fig. 24). Diese beseelten Eizellen sind desshalb von besonderer Bedeu-

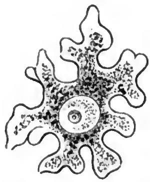
Fig. 23.



Eine kriechende Amoebe, ein einfaches, einzelliges Protist, welches seine Form beständig ändert, indem es vergängliche Fortsätze aus dem Protoplasma-Leibe ausstreckt; in der Mitte liegt der Zellenkern mit Kernkörperchen.

tung, weil ja alle anderen Zellen des Organismus von ihnen abstammen.

Fig. 24.



Eizelle eines Kalkschwammes (Olynthus), die gleich einer Amoebe sich willkürlich bewegt und empfindet, also eine Seele besitzt.

Seelenthätigkeit im weiteren Sinne ist also eine allgemeine Eigenschaft aller organischen Zellen. Wenn das aber der Fall ist, dann können wir auch den Pflanzen ein Seelenleben nicht ganz absprechen. Denn auch die niedersten Pflanzen sind einfache Zellen, und bei allen höheren Pflanzen besteht der Leib, wie bei den höheren Thieren, aus zahllosen einzelnen Zellen. Nur ist bei letzteren die Arbeitstheilung der Zellen und die Centralisation des Staates viel weiter gediehen, wie bei ersteren. Die Staatsform des Thierkörpers ist die Zellenmonarchie, diejenige des Pflanzenkörpers die Zellenrepublik. Da alle einzelnen Zellen im Pflanzenkörper viel selbständiger bleiben als im Thierkörper, tritt uns die Einheit der Seele im ersteren viel weniger entgegen als im letzteren. Nur einzelne, besonders wichtige Pflanzen, wie die zarten Sinnpflanzen, die fliegenfangenden Dionaeen, machen davon eine Ausnahme. In Folge dessen ist auch das Seelenleben der Pflanzen viel weniger untersucht, als das der Thiere, und nur wenige Naturforscher haben ihm ihr Interesse zugewendet. Unter diesen ist namentlich der scharfsinnige Begründer der Psychophysik, Professor Fechner in Leipzig zu nennen, der in einer Reihe geistreicher Schriften die Lehre von der Pflanzenseele erörtert hat. Uebrigens wird die nothwendige Annahme einer Pflanzenseele auch schon dadurch hinreichend gerechtfertigt, dass wir nicht im Stande sind, eine scharfe Grenze zwischen Thier- und Pflanzenreich zu ziehen. Die einzelligen Infusorien oder Protisten bilden die Brücke, welche die beiden grossen Reiche des organischen Lebens zu einem einzigen grossen Ganzen vereinigt. Nur die Abstufung der Seelenthätigkeit ist ausserordentlich mannigfaltig und in beiden Reichen sehr verschieden.

Zu den wichtigsten Fortschritten der neueren Zellentheorie gehört die Erkenntniss, dass die wichtigste Substanz der Zelle,

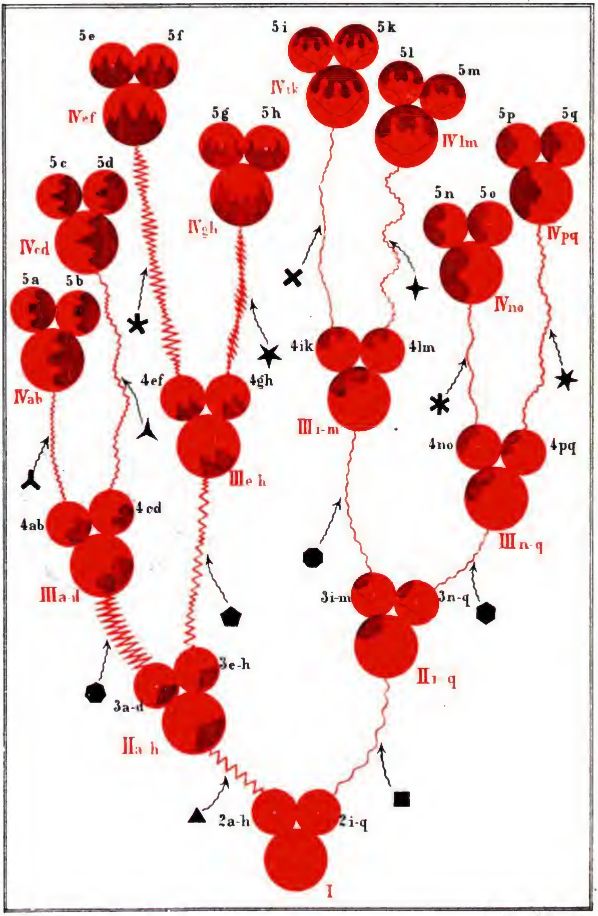
das Protoplasma, überall im Wesentlichen dieselben Grundeigenschaften besitzt, gleichviel ob wir das einzellige Infusorium, die isolirte Pflanzenzelle, oder irgend eine Zelle des Thierkörpers betrachten. Die bedeutungsvollste jener Grundeigenschaften ist eben die Beseelung, die Fähigkeit des Protoplasma, Reize verschiedener Art zu empfinden und auf diese Reize durch bestimmte Bewegungen zu reagiren. Dass diese Eigenschaft dem Protoplasma aller Zellen ohne Ausnahme zukommt, davon überzeugen wir uns unmittelbar durch die mikroskopische Beobachtung. Auf Grund dieser Einheit des beseelten Protoplasma ist die Hypothese gestattet, dass die letzten Factoren des Seelenlebens die Plastidule sind, die unsichtbaren, gleichartigen Elementartheilchen oder Moleküle des Protoplasma, welche in unendlicher Mannigfaltigkeit alle die zahllosen verschiedenen Zellen zusammensetzen.

Kein Vorwurf wird der heutigen Naturwissenschaft und insbesondere ihrem hoffnungsvollsten Zweige, der Entwickelungslehre, häufiger gemacht, als derjenige, dass sie die lebendige Natur zu einem seelenlosen Mechanismus herabwürdige, alle Ideale aus der realen Welt verbanne und die ganze Poesie zerstöre. Wir glauben, dass unsere vorurtheilsfreie, vergleichende und genetische Betrachtung des Seelenlebens jenen irrthümlichen Vorwurf entkräftet. Denn nach unserer einheitlichen oder monistischen Naturauffassung ist gerade umgekehrt alle lebendige Materie beseelt, und die wundervollste aller Naturerscheinungen, die wir herkömmlich nur mit dem einen Worte „Geist“ oder „Seele“ bezeichnen, ist eine ganz allgemeine Eigenschaft des Lebendigen. Weit entfernt, an eine rohe und seelenlose Materie zu glauben, wie unsere Gegner, müssen wir vielmehr in aller lebendigen Materie, in allem Protoplasma, die ersten Elemente alles Seelenlebens annehmen: die einfache Empfindungsform der Lust und Unlust, die einfache Bewegungsform der Anziehung und Abstossung. Nur die Stufen der Ausbildung und Zusammensetzung dieser Seele sind in den verschiedenen lebendigen Geschöpfen verschieden, und führen uns von der stillen Zellseele durch eine lange Reihe aufsteigender Zwischenstufen allmählich bis zur bewussten und vernünftigen Menschenseele hinauf.

Noch weniger können wir zugeben, dass die poetische und ideale Weltauffassung durch unsere monistische Entwickelungslehre gefährdet oder gar vernichtet wird. Freilich fehlen uns heute die Nymphen und Najaden, die Dryaden und Oreaden, mit denen die alten Griechen Quellen und Flüsse belebten, Wälder und Berge bevölkerten; sie sind mit den Göttern des Olympos längst verschwunden. Aber an die Stelle dieser menschenähnlichen Halbgötter treten die zahllosen Elementargeister der Zellen. Und wenn irgend eine Vorstellung im höchsten Grade poetisch und wahr zugleich ist, so ist es sicher die klare Erkenntniss: dass in dem kleinsten Würmchen und in dem unscheinbarsten Blümchen Tausende von selbständigen zarten Seelen leben; dass in jedem einzelligen mikroskopischen Infusorium ebenso eine besondere Seele thätig ist, wie in den Blutzellen, die rastlos in unserem Blute kreisen, in den Hirnzellen, die sich zur höchsten aller Seelenleistungen, zum klaren Bewusstsein, erheben. Von diesem Gesichtspunkte aus sehen wir in der Lehre von der Zellseele den wichtigsten Fortschritt zur Versöhnung der idealen und realen Naturbetrachtung, der alten und neuen Weltanschauung!

Universitäts-Buchdruckerei von Carl Georgi in Bonn.

Schema der Perigenesis.



E. Haeckel del.

Lith v. E. Giltsch, Jena

GESAMMELTE

POPULÄRE VORTRÄGE

AUS DEM GEBIETE DER

ENTWICKELUNGSLEHRE.

VON

ERNST HAECKEL.

ZWEITES HEFT.

MIT 30 HOLZSCHNITTEN UND EINER TAFEL IN FARBENDRUCK.

BONN,

VERLAG VON EMIL STRAUSS.

1879.

SEINEM LIEBEN FREUNDE

ERNST KRAUSE

(CARUS STERNE)

DEM TREUEN STREITGENOSSEN IM KAMPF UM DIE WAHRHEIT

WIDMET DIESE BLÄTTER

FREUNDSCHAFTLICHST

DER VERFASSER.

Inhalt des zweiten Heftes.

Vorwort.

Die populären Vorträge aus dem Gebiete der Entwickelungslehre, welche das zweite Heft dieser Sammlung bilden, sind gleich denjenigen des ersten Heftes unverändert abgedruckt worden. Bezüglich der Veranlassung zu dieser Sammlung und der Beweggründe, welche einen unveränderten Abdruck wünschenswerth erscheinen liessen, kann ich mich auf Dasjenige beziehen, was bereits im Vorwort zum ersten Hefte gesagt worden ist.

Von den fünf Vorträgen dieses zweiten Heftes ist der erste: „Ueber Entwickelungsgang und Aufgabe der Zoologie“, am 12. Januar 1869 in der hiesigen Aula gehalten worden, als ich in die philosophische Facultät unserer Universität eintrat. Er bezieht sich zunächst zwar auf meine (1865 erfolgte) Uebernahme des neugegründeten ordentlichen Lehrstuhls für Zoologie, gab aber zugleich Gelegenheit, die Pflichten und Rechte dieses Lehrstuhls nach meiner Auffassung zu erörtern. Diese Erörterung erscheint auch heute noch nicht überflüssig, wenn man bedenkt, wie weit die Ansichten darüber noch auseinander gehen. Nennen sich doch selbst angesehene Lehrer der Zoologie gegenwärtig noch „Professoren der Zoologie und Zootomie“ und „Directoren des vergleichend-anatomisch-zoologischen Instituts!“ Als ob nicht selbstverständlich Zootomie und vergleichende Anatomie Theile der Zoologie wären! Es würde ebenso absurd sein, wenn ein Botaniker sich als „Professor der Botanik und der Pflanzen-Anatomie“ bezeichnen wollte. Jene Thatsache zeigt aber treffend, wie wenig heute noch die grosse wissenschaftliche Aufgabe der Zoologie selbst von ihren berufenen Vertretern begriffen wird. Im Uebri-

gen glaube ich in meiner „Anthropogenie“ hinreichend im Einzelnen dargethan zu haben, wie ich selbst diese Anfgabe durchzuführen bestrebt bin, und wie ich auch die Anthropologie nur als einen speciellen Theil der Zoologie betrachten kann. Gedruckt erschien dieser Vortrag zuerst im 5. Bande der „Jenaischen Zeitschrift für Medicin und Naturwissenschaft“ (1870) und später als Einleitung zum ersten Hefte meiner „Biologischen Studien“ (— „Studien über Moneren und andere Protisten“ —), das seit längerer Zeit vergriffen ist.

Der zweite Vortrag wurde am 19. November 1875 in der medicinisch-naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Jena, im Anschlusse an neue Mittheilungen über die Entwickelungsgeschichte der Korallen gehalten. (Vergl. meine populäre Vorlesung über „Arabische Korallen. Ein Ausflug nach den Korallenbänken des rothen Meeres und ein Blick in das Leben der Korallenthiere“. Mit 7 Farbendrucktafeln und 20 Holzschnitten. Berlin, 1876.) Die dort nur angedeuteten Verhältnisse der elementaren Entwickelung fanden dann ihre weitere Ausführung in einer Gelegenheitsschrift, welche am 9. Mai 1876 unter dem Titel erschien: „Die Perigenesis der Plastidule oder die Wellenzeugung der Lebenstheilchen. Ein Versuch zur mechanischen Erklärung der elementaren Entwickelungs-Vorgänge“. Diese Schrift war dem hochverdienten Curator der Universität Jena, Dr. Moritz Seebeck, zur 25jährigen Jubelfeier seiner erfolgreichen Amtsthätigkeit am 9. Mai 1876 gewidmet. Allerdings hat der darin ausgeführte Grundgedanke, eine verzweigte Wellenbewegung der kleinsten beseelten Lebenstheilchen (oder „Plastidule“) als die eigentliche bewirkende Ursache der organischen Entwickelungs-Vorgänge anzunehmen, ebenso wenig Beifall gefunden, als der damit verknüpfte Versuch, die Erblichkeit als Gedächtniss der Plastidule, und die Variabilität als Fassungskraft der Plastidule in elementar-psychologischem Sinne zu erklären. Aber obwohl ich die grossen Schwächen dieser Hypothese sehr wohl einsehe, will sie mir doch auch heute noch naturgemässer und den Thatsachen der Zellenlehre entsprechender erscheinen, als die berühmte Pangenesis-Hypothese von Darwin, deren wesentlichen Gegensatz zu meiner Perigenesis ich daselbst eingehend besprochen

habe. Aus diesem Grunde, und weil eine dritte bezügliche Hypothese überhaupt nicht existirt, habe ich hier den unveränderten Abdruck derselben nicht für unzweckmässig gehalten, wäre es auch nur, um dadurch berufenere Forscher zu ihrer Widerlegung durch eine bessere Hypothese anzuregen. Freilich dürfte auch bei dieser viel getadelten „Perigenesis“, wie bei meinen „Stammbäumen“, sich ergeben, dass gewöhnlich das Tadeln viel leichter als das Bessermachen ist!

Der dritte Vortrag, „Ueber die Urkunden der Stammesgeschichte“, wurde am 3. März 1876 in der Medicinisch-Naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Jena gehalten, im Anschlusse an Mittheilungen über die Gastrula-Bildung, und über die phylogenetische Bedeutung der elementaren ontogenetischen Processe, wobei insbesondere die Unterscheidung der primären Palingenesis und der secundären Cenogenesis von grösster Bedeutung ist. Wer sich näher für diesen höchst wichtigen Gegenstand interessirt, findet eine ausführlichere Darstellung im ersten Vortrage meiner „Anthropogenie“ (III. Aufl. 1877, S. 9 u. f.). Die ausführliche wissenschaftliche Begründung enthalten meine „Studien zur Gastraea-Theorie“ (II. Heft der „Biologischen Studien“, 1877, S. 61: „Die Bedeutung der Palingenie und der Cenogenie“). Der Vortrag über die Urkunden der Stammesgeschichte erschien zuerst gedruckt im „Kosmos“ (I. Band, 1. Heft, 1877).

Der vierte Vortrag über „Die heutige Entwickelungslehre im Verhältnisse zur Gesammtwissenschaft“ wurde am 18. September 1877 in der ersten öffentlichen Sitzung der 50. Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte zu München gehalten und erschien sowohl in dem „Amtlichen Bericht“ über die letztere, als auch separat in drei starken Auflagen (im September, October und November 1877; Stuttgart, Eduard Koch). Obwohl demnach dieser Vortrag, in dem zum ersten Male die Einführung der Entwickelungslehre in den Schul-Unterricht gefordert wurde, weit verbreitet ist, so erscheint dennoch seine Aufnahme in diese Sammlung wohl gerechtfertigt: einestheils als Seitenstück und Ergänzung zu dem 14 Jahre früher auf der Stettiner Naturforscher-Versammlung (1863) gehaltenen Vortrage, der im ersten Hefte der Sammlung abgedruckt wurde, anderntheils

wegen der lebhaften und weitgehenden Erörterungen, die gerade an diesen Münchener Vortrag sich knüpften. Denn als Entgegnung auf denselben hielt 4 Tage später (am 22. September 1877) Rudolf Virchow seinen berühmten Vortrag über „Die Freiheit der Wissenschaft im modernen Staate", worin er die stärksten Angriffe gegen den ersteren, wie gegen unsere heutige Entwickelungslehre überhaupt richtete. Ich habe auf diese Angriffe geantwortet in meiner Schrift „Freie Wissenschaft und freie Lehre" (Stuttgart, Eduard Koch, 1878). Ein näheres Eingehen auf die höchst wichtige pädagogische Seite jener Frage hatte ich damals absichtlich abgelehnt. Inzwischen ist diese Seite vorzüglich beleuchtet und zugleich Virchow's Forderung gebührend abgewiesen worden in der kürzlich erschienenen Flugschrift: „Die Hypothese in der Schule und der naturgeschichtliche Unterricht" (Bonn, Emil Strauss, 1879). Der Verfasser derselben, Oberlehrer Hermann Müller in Lippstadt, gehört bekanntlich sowohl zu unseren tüchtigsten Pädagogen, als auch zu denjenigen deutschen Naturforschern, welche — gleich seinem berühmten Bruder Fritz Müller in Brasilien — Darwin's Entwickelungslehre durch eigene werthvolle Forschungen kräftig gefördert haben. Die heftigen Angriffe und schmählichen Verläumdungen, die desshalb Hermann Müller und Ernst Krause, der verdienstvolle Redacteur des „Kosmos" und Verfasser von „Werden und Vergehen", kürzlich im Preussischen Abgeordnetenhause erfahren haben, werden hoffentlich nur dazu beitragen, diesen trefflichen Schriftstellern die wohlverdiente Anerkennung zu sichern.

Der fünfte Vortrag endlich, über „Ursprung und Entwickelung der Sinneswerkzeuge", wurde am 25. März 1878 im „Wissenschaftlichen Club" zu Wien gehalten, und erschien im October d. J. im dritten Bande des „Kosmos" (S. 20 und 99). Er steht in nahen Beziehungen zu dem gleichzeitig gehaltenen Vortrage über „Zellseelen und Seelenzellen", der in das erste Heft dieser Sammlung aufgenommen ist.

Indem ich diesem zweiten Hefte der „Gesammelten populären Vorträge" eine gleich freundliche Aufnahme, wie dem ersten wünsche, darf ich wohl die Hoffnung aussprechen, dass auch diese Vorträge das helle Licht der Entwickelungslehre

in weitere gebildete Kreise tragen und zur Beschäftigung mit diesen höchsten Problemen der Naturforschung anregen werden. Doppelt erquickend erscheint jenes Licht und doppelt wohlthuend diese Forschung in einer Zeit, wie die Gegenwart. Auf der einen Seite thürmen sich die düsteren Wolken der politischen und intellectuellen Reaction immer drohender zusammen und suchen die freie Forschung und die freie Lehre ihres gesetzlich garantirten Schutzes zu berauben. Auf der anderen Seite aber erhebt sich eine viel schlimmere und tiefer greifende Gefahr von Seiten derjenigen, die vor Allen berufen sind, Recht und Pflicht der freien Wissenschaft zu wahren. Berühmte und angesehene Führer der Wissenschaft, deren freisinnigen Bestrebungen und tiefsinnigen Forschungen wir früher die höchste Verehrung zollten, verlassen ihre heilige Fahne und gehen offen in das Lager unserer gefährlichsten Gegner über. Nicht allein fordern sie Unterwerfung der freien Vernunft unter das Joch des blinden Dogma der Kirche; nein, sie entblöden sich nicht, offen dem krassesten Aberglauben des Mittelalters sich in die Arme zu werfen. Denn Nichts Anders ist der Spiritismus, der jetzt drohend sein vielköpfiges Schlangenhaupt erhebt. Nicht genug, dass zahlreiche Zeitschriften diesen grossartigen Schwindel in das Gewand wahrer Wissenschaft zu kleiden suchen; sogar einzelne Naturforscher ersten Ranges, wie Wallace und Zöllner, lassen sich durch die spiritistischen Kunststücke von schlauen Taschenspielern fangen, und helfen im Netze dieser raffinirten Betrüger selbst den Betrug der Menschheit auf das Kräftigste fördern. Dass gerade ein Friedrich Zöllner den Gaukeleien eines Slade zum Opfer fallen musste, ist im höchsten Maasse zu bedauern; um so mehr, als dem ersteren die wissenschaftliche Kritik und die echte Naturphilosophie so manche werthvolle Förderung verdankt, und als der letztere schon früher als gemeiner Betrüger gerichtlich entlarvt war.

Gegenüber diesen traurigen und beschämenden Erscheinungen wenden wir hoffnungsvoll unseren Blick auf die grosse Mehrzahl der Naturforscher, die ihren Kopf frei und ihre Hand rein halten. Nur die freie Naturwissenschaft, die freie Forschung und die freie Lehre wird im Stande sein, diese drohenden Gefahren abzuwenden, und den Aberglauben, diesen

schlimmsten Feind der menschlichen Vernunft, auch diesmal siegreich zu überwinden. Unter allen Naturwissenschaften aber ist keine in so hervorragendem Maasse dazu berufen, wie unsere heutige Entwickelungslehre!

Jena, den 12. März 1879.

Ernst Haeckel.

Ueber Entwickelungsgang und Aufgabe der Zoologie.

Vortrag
gehalten am 12. Januar 1869
beim Eintritt in die philosophische Facultät zu Jena.

„Natur hat weder Kern noch Schale,
Alles ist sie mit Einem Male.“

Goethe.

Dem akademischen Lehrer, welcher seinen Eintritt in eine Facultät der herkömmlichen Sitte gemäss durch eine öffentliche Rede einzuleiten hat, bietet sich als das nächstliegende und natürlichste Thema eine Betrachtung der wissenschaftlichen Aufgaben, welche er in seinem Berufsfache findet, und der Art und Weise, in welcher er dieselben zu lösen gedenkt. Eine derartige Erörterung kann trivial und überflüssig erscheinen in jenen zahlreichen Zweigen der Wissenschaft, welche schon seit längerer Zeit eine fest bestimmte Richtung und ein klares Ziel gefunden haben, und über deren Inhalt, Umfang und Behandlung unter ihren Lehrern mehr oder minder Uebereinstimmung herrscht. Sie erscheint dagegen keineswegs bedeutungslos in denjenigen Disciplinen, welche noch nicht dieses Stadium der Reife erreicht haben, und demgemäss in sehr verschiedener Weise aufgefasst und behandelt werden. Unter den Naturwissenschaften gilt dies letztere von keiner in höherem Maasse, als von der Zoologie. Ich glaube daher, keineswegs etwas Ueberflüssiges zu thun, wenn ich heute bei meinem Eintritte in die philosophische Facultät meine eigene Auffassung von den Aufgaben der heutigen Zoologie darlege, und den Sinn erörtere, in welchem ich den in Jena neu errichteten ordentlichen Lehrstuhl für dieses Fach zu vertreten bestrebt bin.

Zum wahren Verständniss einer jeden Erscheinung gelangen wir nur dadurch, dass wir den geschichtlichen Gang ihrer Entstehung und ihres Wachsthums Schritt für Schritt verfolgen. Jedes Verhältniss wird, mit einem Worte, nur durch seine Entwickelungsgeschichte erkannt. Dieser Grundsatz gilt ebenso von der menschlichen Wissenschaft, wie von allen übrigen organischen Functionen. Es wird daher zunächst nothwendig sein, einen übersichtlichen Blick auf den Entwickelungsgang zu werfen,

welchen die Zoologie im Verlaufe des menschlichen Culturlebens genommen hat.

Dieser Entwickelungsgang ist fürwahr seltsam genug und steht in mancher Beziehung einzig da. Denn wenn wir unter dem Begriffe der Zoologie naturgemäss die vollständige Gesammtwissenschaft von dem Thierleben in allen seinen verschiedenen Erscheinungsformen und Aeusserungen verstehen, die gesammte Morphologie und Physiologie der Thiere, so tritt uns zunächst die befremdende Thatsache entgegen, dass die verschiedenen Zweige der Thierkunde sich in auffallender Isolirung und Unabhängigkeit von einander entwickelt haben; dagegen zum Theil in engstem Zusammenhang mit verschiedenen anderen Wissenschaften. So ist der grösste Theil der Anatomie und Physiologie der Thiere hervorgegangen aus dem Bedürfniss der menschlichen Anatomie und Physiologie, welche ihrerseits wieder im Dienste der Medicin gross gezogen wurde. Dasselbe gilt von einem Theile der thierischen Entwickelungsgeschichte, nämlich derjenigen der Individuen, der Embryologie, während der andere Haupttheil derselben, die paläontologische Entwickelungsgeschichte der Thierarten und Thierstämme, völlig von jenem ersten geschieden, im Dienste der Geologie entstand. Die Psychologie, ein integrirender Bestandtheil der Physiologie, wurde gänzlich von dieser getrennt und unter die Vormundschaft einer rein speculativen Philosophie gestellt, welche von der unentbehrlichen zoologischen Basis Nichts wissen wollte. Endlich entwickelte sich, ganz unabhängig von allen jenen Disciplinen, eine Systematik des Thierreichs, welche sich lediglich mit der Beschreibung und Classification der verschiedenen Thierarten beschäftigte. Obwohl diese systematische Zoologie den grössten Theil der vorher genannten Disciplinen ignorirte, und höchstens von der Anatomie eine Anzahl von Daten entlehnte, erhob sie dennoch vor allen den Anspruch, die „eigentliche“ Zoologie zu sein, und dieser Anspruch kann gerechtfertigt erscheinen, wenn man als Maassstab das Volum der zoologischen Literatur und den Inhalt ihrer Handbücher betrachtet, welche in der That zum bei weitem grössten Theile der systematischen Zoologie gewidmet sind. Freilich hat in neuerer Zeit einestheils die Physiologie, anderntheils die Anatomie der Syste-

matik ihr Privilegium streitig gemacht, und jede für sich will jetzt als die „eigentliche" Zoologie betrachtet werden. Indess ist dieser Streit so wenig erledigt, dass bis auf den heutigen Tag selbst unter den namhaften Vertretern unserer Wissenschaft die Ansichten über deren Inhalt und Umfang weit auseinander gehen, und bald dieser, bald jener Theil als die eigentliche Zoologie bevorzugt und den anderen entgegengesetzt wird.

Den unbefangenen, ausserhalb der Fachgrenzen stehenden Beobachter muss diese Erscheinung um so mehr befremden, als bereits derjenige grosse Naturforscher des Alterthums, welchen die dankbare Nachwelt als „Vater der Naturgeschichte" verehrt, Aristoteles, die Thierkunde als das auffasste, was sie naturgemäss sein soll, als die umfassende Gesammtwissenschaft von den Thieren. Seine klassische „Geschichte der Thiere", in Verbindung mit den specieller ausgeführten kleineren Schriften, der vergleichend anatomischen Schrift von den Theilen der Thiere, und der ontogenetischen Schrift von der Zeugung und Entwickelung der Thiere, offenbaren uns eine so universelle und grossartige Auffassung der Thierwelt, dass wir es begreiflich finden, wie dieselben mehr als anderthalb Jahrtausende hindurch als zoologisches Fundamentalwerk eine Autorität ohne Gleichen geniessen konnten.

Bis zum sechzehnten Jahrhundert fand sich kein Forscher, der es unternommen hätte, das von Aristoteles begonnene grossartige Unternehmen selbstständig fortzusetzen, oder auch nur bestimmte Theile des von ihm entworfenen Wissenschaftsgebäudes im Einzelnen auszuführen. Vielmehr begnügte man sich damit, die Schriften des Aristoteles abzuschreiben, zu übersetzen und zu commentiren.

Erst als durch die Entdeckung der neuen Welt, durch die Auffindung des Seewegs nach Ostindien und die zahlreichen anderen Entdeckungsreisen des fünfzehnten und sechzehnten Jahrhunderts eine Fülle von neuen, bis dahin unbekannten Thieren und Pflanzen nach Europa gebracht wurde, begann die Naturgeschichte aus ihrem langen Schlafe zu erwachen. Zunächst anregend wirkte das Bedürfniss, die neuen Formen zu unterscheiden, zu ordnen und zu benennen, und dies Bedürfniss wurde um so dringender, je mehr verschiedene Pflanzenarten

in den Herbarien, je mehr verschiedene Thierarten in den zoologischen Sammlungen sich anhäuften. Aber erst im Beginn des achtzehnten Jahrhunderts kam der grosse Reformator der Naturgeschichte, der mit kühnem Geiste und mit gewaltiger Hand das riesenhaft angewachsene Material ergriff, durchgreifend ordnete, und zum ersten Male in dem künstlichen Gebäude eines streng logischen Systemes zusammenstellte. 1735 erschien das epochemachende „Systema naturae" von Carl Linné, und damit war der feste Grundstein für alle nachfolgende Systematik des Thier- und Pflanzenreichs gegeben. Die von Linné darin durchgeführte binäre Nomenclatur, die zwiespältige Benennungsweise der organischen Formen, welche sich auf die Unterscheidung der Art (Species) und der Gattung (Genus) gründete, erwies sich so praktisch, dass sie noch heutigen Tages in allgemeiner Geltung steht.

Nun war es mit einem Male möglich geworden, die ganze unendliche Fülle der Thier- und Pflanzenformen übersichtlich zu ordnen und unter den bestimmten bleibenden Namen von Gattungen und Arten in das künstliche Fachwerk des Systems einzureihen. Bald wandten sich daher ganze Schaaren von Naturforschern dem neu eröffneten Gebiete der organischen Systematik zu. Einerseits die Unterscheidung und Classification der zahllosen verschiedenen Thier- und Pflanzenarten, anderntheils der ästhetische Genuss an der Schönheit, oder selbst nur das neugierige Interesse an der Curiosität der äusseren Formen, übten eine solche Anziehungskraft aus, dass die grosse Mehrzahl der Naturforscher nach Linné hierin allein schon vollständige Befriedigung fand. Selbst heute noch, nachdem schon längst im Gegensatze zu der reinen Systematik die anatomisch-physiologische Richtung sich kräftig entwickelt hat, ist die literarische Thätigkeit und wenigstens das numerische Gewicht ihrer Vertreter so stark, dass sie noch in weiten Kreisen als die „eigentlichen" Zoologen angesehen werden. Noch heute beschäftigen sich weit mehr Naturforscher mit dem Sammeln, Aufbewahren, Ordnen und Benennen der Thier- und Pflanzenformen, als mit ihrer anatomischen und physiologischen Untersuchung oder mit ihrer Entwickelungsgeschichte. Noch heute

füllen dieselben die bei weitem grössere Hälfte der zoologischen und botanischen Literatur.

Schon diese imposante Vergangenheit und die mächtige äussere Stellung der Systematik nöthigt uns hier, unsere eigene Meinung von derselben darzulegen, zumal die Ansichten über Werth und Bedeutung derselben gerade jetzt sehr weit auseinandergehen. Denn während die Einen mit Linné im System der Naturkörper noch heute das eigentliche Ziel der Naturgeschichte erblicken, während Andere darin nur einen übersichtlich geordneten Ausdruck unserer gesammten biologischen Kenntnisse im Lapidarstyl finden wollen, sprechen noch Andere der Systematik überhaupt allen wissenschaftlichen Werth ab.

Um in diesem Widerstreit der Meinungen zu einem gerechten Urtheil zu gelangen, müssen wir unterscheiden zwischen jener rein äusserlichen Systematik der grossen Menge, deren Ideal ein möglichst vollständiges zoologisches Museum und Herbarium ist, und zwischen derjenigen Systematik, welche in dem natürlichen System der Organismen den hypothetischen Ausdruck ihres wirklichen Stammbaums erblickt, und in dessen annähernder Feststellung ein eben so hohes als schwieriges wissenschaftliches Ziel verfolgt.

Die Systematik der ersten Art, die Museums-Zoologie und die Herbariums-Botanik, wie sie bisher ganz vorwiegend getrieben wurden, verdient allerdings kaum den Namen einer Wissenschaft. Denn jede Wissenschaft muss als solche einen gewissen Schatz von allgemeinen Resultaten und Gesetzen aufweisen können; sie muss nach dem Verständniss der Erscheinungen und nach der Erkenntniss ihrer Ursachen streben; sie darf sich niemals mit der blossen Kenntniss einzelner Thatsachen begnügen. Das letztere ist aber bei der reinen Systematik ganz gewiss der Fall. Diese will weiter Nichts, als alle einzelnen Thier- und Pflanzenformen kennen, beschreiben und mit Namen unterscheiden. Eine solche rein beschreibende Naturgeschichte kann aber nie eine Wissenschaft sein. Denn der Begriff einer rein descriptiven Wissenschaft ist ein innerer Widerspruch, eine Contradictio in adjecto. Wir sind gewiss weit entfernt davon, den hohen praktischen Werth der descriptiven Systematik zu unterschätzen. Sie ist sowohl für die zoo-

logischen und botanischen Sammlungen, als auch für die eigentlich wissenschaftlichen Untersuchungen der Thiere und Pflanzen ganz unentbehrlich. Sie ist ebenso unentbehrlich als diese Sammlungen selbst, und die ganze Verwerthung der zoologischen und botanischen Kenntnisse für das praktische Leben ist von ihr abhängig. Allein eine praktische und angewandte Wissenschaft ist eben keine reine Wissenschaft mehr, sondern eine Kunst, und wir werden daher die rein descriptive Systematik der Thier- und Pflanzenformen ebenso als eine Kunst zu betrachten haben, wie die praktische Medicin, die Pharmacie und die Landwirthschaft, denen sie ja auch in besonderem Maasse dienstbar ist.

Gänzlich verschieden von dieser künstlichen descriptiven Systematik ist diejenige wahrhaft wissenschaftliche Systematik, welche in dem natürlichen Systeme der Thier- und Pflanzenarten den wahren Stammbaum derselben erblickt und aufsucht. Diese genealogische Behandlung und Auffassung des natürlichen Systems ist freilich erst in der jüngsten Zeit möglich geworden, seitdem Charles Darwin durch seine Reform der Descendenz-Theorie uns zu einem wahren ursächlichen Verständniss der organischen Erscheinungswelt geführt hat. Freilich wird es noch lange dauern, ehe auch nur die Hauptzweige des systematischen Stammbaums vollkommen festgestellt sein werden, und die Aufgabe unserer genealogischen Systematik ist höchst verwickelt. Aber dennoch gehört ihr die Zukunft! Nur durch die genealogische Auffassung des natürlichen Systems, welche in den Kategorien oder Gruppenstufen desselben, in den Classen, Ordnungen, Gattungen und Arten lediglich divergente Zweige des wahren Stammbaums erblickt, welche in der Formverwandtschaft der Organismen ihre wahre Blutsverwandtschaft erkennt, nur durch dieses genealogische Verständniss des Formensystems wird die Systematik zu einer wahren Wissenschaft werden.

Uebrigens hat die descriptive Systematik während der letzten Jahrzehnte insofern schon mehr und mehr dem wahrhaft natürlichen System der genealogischen Classification sich nähern müssen, als sie gezwungen wurde, immer mehr die gesammten Bildungs- und Entwickelungsverhältnisse der organischen For-

men zur breiten Basis ihrer systematischen Unterscheidung zu machen. Die frühere von Linné ausgehende Systematik war insofern rein künstlich, als sie meistens nur einzelne, und vorzugsweise äussere, leicht kenntliche Merkmale zur Unterscheidung der Arten und Gattungen und selbst der grösseren Gruppen, der Ordnungen und Classen, benutzte, und bei deren Verwerthung rein logisch verfuhr oder wenigstens verfahren sollte. Die spätere Systematik, insbesondere seit Beginn unseres Jahrhunderts, fasste aber statt dessen mehr den gesammten Charakter des Baues und namentlich die wichtigeren inneren Verhältnisse ins Auge, und stützte sich in den letzten Decennien auch schon wesentlich auf die Embryologie. Indem nun immer mehr diese letztere, und überhaupt die gesammte Entwickelungsgeschichte in ihrem fundamentalen Werthe erkannt und auch in der descriptiven Systematik verwerthet wurde, nahm die Classification unwillkürlich immer entschiedener ihre Richtung auf das genealogische, wahrhaft natürliche System, gab aber dabei nothwendig häufig ihren logischen Charakter auf. Denn die streng logische Classification muss nothwendig oft künstlich sein und kann sehr oft aus vielen Gründen nicht mit der genealogischen natürlichen Classification zusammenfallen.

Die synthetische, genealogische Systematik der Zukunft wird mehr als alles Andere dazu beitragen, die verschiedenen isolirten Zweige der Zoologie in einem natürlichen Mittelpunkte, in der wahren Naturgeschichte zu sammeln, und zu einer umfassenden geschichtlichen Gesammtwissenschaft vom Thierleben zu vereinigen. Die analytische, descriptive Systematik der Vergangenheit that gerade das Gegentheil, indem sie immer bestrebt war, sich als „eigentliche“ Zoologie in den Vordergrund zu drängen, und diejenigen Wissenschaftszweige, die ihr eigentlich erst ihren inneren Gehalt geben, vor allen die Anatomie und Entwickelungsgeschichte, aus dem Gebiete der sogenannten eigentlichen Zoologie auszuschliessen. Dieses sonderbare Verhältniss lässt sich grossentheils aus der schon vorher berührten Isolirung erklären, in der sich die Anatomie und die übrigen Zweige der Zoologie, grossentheils in Zusammenhang mit anderen, fremden Wissenschaften, entwickelten.

Derjenige Theil der wissenschaftlichen Zoologie, welcher

vor allen zunächst von der Systematik hätte gepflegt werden sollen, die Morphologie, d. h. die Anatomie und Entwickelungsgeschichte, hat sich eigentlich bis zum Beginn unseres Jahrhunderts vollkommen unabhängig von der herrschenden systematischen Zoologie erhalten. Ja selbst jetzt noch finden wir von anerkannten Naturforschern und weitverbreiteten Handbüchern die Frage erörtert, ob denn eigentlich die vergleichende Anatomie der Thiere zur Zoologie gehöre oder nicht?

Allerdings hatte bereits Aristoteles erkannt, dass die Naturgeschichte der Thiere auch die Kenntniss ihres inneren Baues umfasse und hatte selbst schon vielfach Thiere zergliedert. Ja, schon sein grosser Vorgänger, Democritus von Abdera, der Begründer der Atomenlehre, hatte seinen Eifer für Thier-Anatomie so weit getrieben, dass ihn seine Mitbürger für wahnsinnig hielten, und ihm den Aufenthalt in ihrer Mitte untersagten. Allein in der Folgezeit wurde die Kenntniss vom inneren Bau des Thierkörpers vorzugsweise durch die Medicin gefördert, welche schon frühzeitig das dringende Bedürfniss empfand, den inneren Bau des menschlichen Körpers genau kennen zu lernen. Da aber Vorurtheil und Aberglauben während des ganzen Alterthums und Mittelalters der Zergliederung menschlicher Leichen die grössten Hindernisse in den Weg legten, so nahm man seine Zuflucht zur Anatomie der dem Menschen nächstverwandten Säugethiere, und zog aus deren innerem Bau Schlüsse auf die entsprechenden Verhältnisse beim Menschen. Der römische Arzt Claudius Galenus, welcher im zweiten Jahrhundert nach Christus lebte, und dessen Schriften über menschliche Anatomie und Pathologie bis zum fünfzehnten Jahrhundert sich einer unumschränkten Autorität erfreuten, schöpfte seine Kenntniss des menschlichen Baues vorzugsweise aus der Zergliederung von Affen. Selbst noch im vierzehnten und fünfzehnten Jahrhundert wagte man menschliche Anatomie nur in verborgenen Schlupfwinkeln zu treiben, besonders seitdem Papst Bonifaz VIII. den grossen Kirchenbann über Alle ausgesprochen hatte, welche menschliche Leichen zu zergliedern wagten. So beschränkten sich denn die wissbegierigen Aerzte meistens auf die Anatomie der Hunde, Pferde und anderer leicht zugänglichen Hausthiere.

Auf diese Weise wurden schon mancherlei Kenntnisse über den inneren Bau des Körpers der höheren Thiere gesammelt. Aber erst im achtzehnten Jahrhundert fing man wieder an, auch die Anatomie der niederen Thiere in ausgedehnterem Maasse zu untersuchen und zu vergleichen, und gegen Ende desselben bereiteten namentlich Pallas, Poli und Camper den Boden vor, auf welchem endlich im Anfange unseres Jahrhunderts Cuvier zum ersten Male ein selbstständiges Lehrgebäude der vergleichenden Anatomie errichten konnte.

Unter den zahlreichen und grossen Verdiensten, welche sich Cuvier um die Förderung der Zoologie erwarb, steht oben an die Unterscheidung der grossen natürlichen Hauptgruppen, welche er Zweige oder Typen des Thierreichs nannte und welche er durch die wesentlichen, constanten Grundzüge ihres inneren anatomischen Baues charakterisirte. Die wichtigsten allgemeinen Resultate der vergleichenden Anatomie wurden dadurch zugleich zum ersten Male für die systematische Thierkunde verwerthet und damit der Anfang eines natürlichen Systems gemacht. Da nun Cuvier gleichzeitig ebenso umfassende Kenntnisse in der thierischen Systematik, als gründliches Verständniss der vergleichenden Anatomie besass, musste ihm der innere Zusammenhang dieser beiden Disciplinen völlig klar werden, so dass er sogar die vergleichende Anatomie zugleich als die Voraussetzung und als das Ziel der Zoologie bezeichnen konnte.

Indessen war diese Verschmelzung weit davon entfernt, allgemein anerkannt zu werden. Vielmehr trat in der Folge eher wieder eine Verschärfung des Gegensatzes zwischen beiden ein, indem man einerseits die Erforschung des inneren Baues, welche bei den höheren Thieren nur durch Zergliederung möglich ist, der vergleichenden Anatomie, andererseits die Beschreibung der äusseren Formen der eigentlichen, d. h. der systematischen Zoologie zuwies. Hierin lag aber eben ein doppelter Fehler. Denn erstens ist die blosse anatomische Zergliederung der Thiere und die Beschreibung ihres inneren Baues noch lange nicht vergleichende Anatomie, sondern vielmehr bloss Zootomie; die Zootomie aber verfährt bloss analytisch und beschreibend; die vergleichende Anatomie dagegen, wie ihr Name sagt, synthetisch und vergleichend — diese behauptet den Rang

einer wahrhaft philosophischen Wissenschaft, worauf jene niemals Anspruch erheben kann; die Zootomie bleibt eine reine Kunst, so gut wie die menschliche Anatomie, so lange diese letztere nicht vergleichend und synthetisch zu Werke geht.

Zweitens aber ist es auch falsch, unter Anatomie bloss die Kenntniss des inneren Baues und nicht der äusseren Körperformen zu verstehen. Vielmehr ist Anatomie die gesammte Kenntniss von den entwickelten oder vollendeten Formen der Organismen, gleichviel ob dieselben äusserlich an der Oberfläche des Körpers zu Tage treten oder nicht. Wenn z. B. Savigny in den unendlich mannigfaltig gebildeten Mundtheilen der Insecten eine und dieselbe gemeinsame Grundform, einen einheitlichen sogenannten Bauplan nachwies, so war dies reine „vergleichende Anatomie", obwohl die Mundtheile der Insecten ganz äusserlich liegen und auch von der systematischen Zoologie beständig verwerthet werden, aber freilich nur in entgegengesetztem, in analytischem oder zootomischem Sinne.

In gleicher Weise, wie die Lehre von den Organen, welche den Hauptbestandtheil der vergleichenden Anatomie bildet, so hat auch die Lehre von den Elementartheilen derselben, die Gewebelehre, Histologie oder Zellenlehre, durch die Medicin angeregt, von der menschlichen Anatomie ihren Ausgangspunkt genommen. Allerdings begann der grosse Italiener Marcello Malpighi schon vor mehr als zwei Jahrhunderten mit Hülfe des so eben entdeckten Mikroskopes den feineren Bau sowohl des thierischen, als des pflanzlichen Körpers und seine Zusammensetzung aus verschiedenen Geweben zu erforschen. Allein sowohl Malpighi und Leeuwenhoeck, als auch die Mikroskopiker des achtzehnten Jahrhunderts vermochten nicht über eine bunte Sammlung von zusammenhangslosen Thatsachen hinauszukommen, und selbst nachdem Xaver Bichat 1801 durch seine „Anatomie generale" die erste zusammenhängende Gewebelehre des Menschen gegeben hatte, verflossen beinahe noch vierzig Jahre, bis Theodor Schwann, angeregt durch Schleiden's kurz zuvor aufgestellte pflanzliche Zellentheorie, seine epochemachenden „Untersuchungen über die Uebereinstimmung im Bau und Wachsthum der Thiere und Pflanzen" veröffentlichte. Damit war der Nachweis geliefert, dass auch der Leib

der Thiere ebenso wie der der Pflanzen aus selbstständig lebenden elementaren Organismen oder Individuen erster Ordnung, aus Zellen, zusammengesetzt sei, und dass jeder vielzellige Organismus aus einer einfachen Zelle entstehe. Indessen wirkte merkwürdigerweise diese Zellentheorie in der Zoologie bei weitem nicht so mächtig und allgemein fördernd, als in der Botanik, wo die Zellenlehre bald so sehr den Hauptbestandtheil der Anatomie bildete, dass man beide Begriffe oft geradezu für identisch annahm. Nur die menschliche Zellenlehre und die damit zusammenhängende Gewebelehre des Wirbelthierkörpers nahm bald einen äusserst kräftigen Aufschwung, da die wissenschaftliche Medicin ihre fundamentale Bedeutung richtig begriff. Namentlich vermochte der scharfsinnige Virchow durch seine Cellularpathologie das innere Wesen des Zellenlebens tiefer zu ergreifen und darzustellen, als die grosse Schaar der bloss an den äusseren Zellenformen haftenden Histologen. Dagegen blieb die Gewebelehre der wirbellosen Thiere ausserordentlich zurück, und erst das letzte Jahrzehnt hat in umfassenderer Weise die Ausbeutung der unermesslichen hier verborgen liegenden Schätze begonnen. Mehr zu beklagen bleibt aber jedenfalls, dass auch heute noch das eigentliche Verständniss des Zellenlebens den meisten sogenannten Zoologen gänzlich abgeht, und dass die Gewebelehre noch in weit höherem Maasse als die Organlehre, als eine Disciplin betrachtet wird, um die sich die eigentliche Zoologie nicht sehr zu kümmern brauche.

In noch weiterem Abstande von der systematischen Zoologie, als die vergleichende Anatomie und Gewebelehre, bildete sich die Entwickelungsgeschichte der Thiere aus. Dies gilt von beiden Zweigen derselben, sowohl von der Entwickelungsgeschichte der thierischen Individuen, welche gewöhnlich Embryologie, richtiger Ontogenie genannt wird, als von derjenigen der thierischen Arten und Stämme, der paläontologischen Entwickelungsgeschichte oder Phylogenie.

Für die erstere bildete wieder die Naturgeschichte des Menschen und das Interesse, welches die wissenschaftliche Medicin an derselben hatte, den Ausgangspunkt. Die menschlichen Anatomen mussten natürlich auch den Bau und die Entwickelung des menschlichen Embryo in Betracht ziehen. Da aber die

frühesten Stadien der embryonalen Entwickelung beim Menschen sowohl als bei den übrigen Säugethieren nur schwer zugänglich sind, so wandte man sich schon frühzeitig an diejenigen nächstverwandten Wirbelthiere, die Vögel, bei denen sich die Entwickelung des Eies bequem von Anfang an verfolgen lässt. Obwohl nun schon im 17. Jahrhundert eine Anzahl Darstellungen von Wirbelthier-Embryonen aus früheren und späteren Stadien gegeben wurden, so vermochte doch erst Caspar Friedrich Wolff in seiner 1759 erschienenen „Theoria generationis“ das eigentliche Wesen der thierischen Entwickelung, als einer wahren Epigenesis, darzulegen, und selbst dann verfloss noch ein halbes Jahrhundert, ehe dieselbe die verdiente Anerkennung gewann.

Als nun im Beginn unseres Jahrhunderts die Embryologie namentlich durch Pander und Baer einen neuen mächtigen Aufschwung nahm, waren es wieder vor allen die Wirbelthiere, und in erster Linie die Säugethiere und Vögel, um deren Entwickelungsgeschichte man sich, im Hinblick auf diejenige des Menschen, am meisten bemühte. Allerdings zeichnete der weitblickende Baer schon in seiner Entwickelungsgeschichte der Thiere, welche vorzugsweise die Wirbelthiere behandelte, in grossen Umrissen auch die Charakterzüge, durch welche sich die verschiedenen Hauptgruppen der wirbellosen Thiere in ihrer Ontogenie unterscheiden. Indessen begannen eingehendere und umfassendere Studien über die Entwickelungsgeschichte der verschiedenen Wirbellosen erst einige Decennien später angestellt zu werden, und auch heute ist, trotz der zahlreichen und glänzenden Entdeckungen der verflossenen Jahrzehnte, unsere zusammenhängende Erkenntniss von der Entwickelungsgeschichte der Wirbellosen viel weiter zurück, als diejenige der Wirbelthiere. Jedenfalls ist aber so viel gewonnen, dass heutzutage in der Zoologie ebenso wie in der Botanik, die wahrhaft wissenschaftlichen Vertreter derselben die Entwickelungsgeschichte als das unentbehrliche Fundament anerkennen, durch welches ein wahres anatomisches Verständniss der entwickelten Formen erst gewonnen werden kann.

Freilich beschränkte sich diese Anerkennung bisher nur auf den einen, eben genannten Zweig der Entwickelungsgeschichte, auf diejenige der thierischen Individuen. Dagegen

ist der andere, nicht minder bedeutungsvolle Zweig derselben bis in die neueste Zeit im auffallendsten Maasse vernachlässigt worden. Das ist die paläontologische Entwickelungsgeschichte der Thierarten, die Phylogenie. Sie hat die Formenwandlungen zu erforschen, welche die wenigen grossen Hauptclassen des Thierreichs, die Phylen oder Stämme, während der langen Perioden der Erdgeschichte unter beständigem Wechsel ihrer Arten durchlaufen haben.

Erst seitdem Charles Darwin 1859 seine epochemachende Selectionstheorie aufgestellt, und dadurch der von Lamarck 50 Jahre früher begründeten Descendenztheorie ihr unerschütterliches causales Fundament gegeben hatte, erst seitdem war es möglich geworden, an diesen wichtigen und interessanten, bisher aber nicht einmal dem Namen nach existirenden Zweig der Zoologie, ernstlich Hand anzulegen. Es erklärt sich das daraus, dass das empirische Material dieser Stammesgeschichte sich auf einem weit entfernten Gebiete der Naturwissenschaft, ohne jeden inneren Znsammenhang mit der Zoologie, angehäuft hatte. Denn die versteinerten Thierreste, welche im Schoosse der Erde begraben liegen, und welche als „Denkmünzen der Schöpfung" uns die Geschichte der ausgestorbenen Thiergeschlechter von Jahrtausenden her erzählen, sind zuerst und vorzüglich wegen ihrer Bedeutung für die Entwickelungsgeschichte des Erdkörpers studirt worden. Die Geologen waren es, welche den Petrefacten zuerst eingehende Aufmerksamkeit schenkten, und daher hat sich die Paläontologie gänzlich im Dienste der Geologie entwickelt.

Nun liegt der Werth der Versteinerungen für den Geologen vor allem darin, dass sie ihm das relative Alter der über einander liegenden, aus dem Wasser abgesetzten Erdschichten anzeigen. Der Zoolog dagegen erkennt in den Petrefacten die Reste von ausgestorbenen Vorfahren und Blutsverwandten der jetzt lebenden Thierarten, und er muss aus der gesetzmässigen historischen Aufeinanderfolge derselben eine wahre Stammesgeschichte derselben, die continuirliche Umbildungsgeschichte der Speciesformen, zu construiren suchen. Daher haben z. B. die verschiedenen Säugethierreste für den Zoologen das höchste, für den Geologen nur ein sehr geringes Interesse. Andererseits

sind die zahlreichen versteinerten Schnecken- und Muschelarten, welche für die Geologie als „Leitmuscheln" zur Bestimmung der Gebirgs-Formationen die höchste Bedeutung besitzen, für die Stammesgeschichte der Thiere nur von untergeordnetem Werthe.

Kein Fehler hat in der bisherigen Behandlung der Zoologie zu so grossen Missgriffen geführt, als jene unnatürliche Trennung der beiden Zweige der Entwickelungsgeschichte. Unmöglich konnte man das eigentliche Wesen der organischen Entwickelungsgeschichte verstehen, so lange sich die Ontogenie und die Phylogenie, die Entwickelungsgeschichte der Individuen und diejenige der Arten, nicht um einander kümmerten. Denn thatsächlich stehen ja diese beiden Hälften der Entwickelungsgeschichte im allerinnigsten ursächlichen Zusammenhang. Die Formenreihe, welche das organische Individuum bei seiner kurzen und schnellen Entwickelung vom Ei an durchläuft, wiederholt uns in grossen und allgemeinen Zügen die Formenreihe, welche seine Vorfahren seit Beginn der organischen Schöpfung in dem langen und langsamen Gange ihrer Stammesgeschichte oder ihres Artenwechsels durchlaufen haben. Oder mit anderen Worten: die Individuengeschichte, die Ontogenie, ist eine kurze und schnelle, durch die Gesetze der Vererbung und Anpassung bedingte Wiederholung der Stammesgeschichte, der Phylogenie.

Die klare Erkenntniss dieses höchst wichtigen Verhältnisses ist von der grössten Bedeutung, nicht allein für die Würdigung der Entwickelungsgeschichte, sondern auch der ganzen Zoologie. Aus dem Umstande aber, dass dasselbe erst in der jüngsten Zeit klar erkannt wurde, kann man schliessen, wie weit unsere Wissenschaft noch zurück ist. Die natürliche, genealogische Systematik, welche das System der Thier- und Pflanzenarten als ihren Stammbaum aufzufassen hat, wird erst in Folge jener Erkenntniss, wie wir schon vorher sahen, sich frei entwickeln können.

Die bisher erwähnten Zweige der Zoologie, die Anatomie und Systematik, die Entwickelungsgeschichte der Individuen und der Stämme, gehören sämmtlich jenem ausgedehnten Gebiete unserer Wissenschaft an, welches man unter dem Namen der Formenlehre oder Morphologie der Thiere begreift. Dieser

gegenüber steht als andere Hälfte der Zoologie die Physiologie, die Lehre von den Lebenserscheinungen der Thiere. Wie die Morphologie in die beiden Hauptzweige der Anatomie und Entwickelungsgeschichte, so zerfällt die Physiologie in die beiden Hauptzweige der inneren und äusseren, der Arbeits- und der Beziehungs-Physiologie. Die erstere untersucht die Functionen des Organismus an sich, die letztere seine Lebensbeziehungen zur Aussenwelt. Auch diese beiden Disciplinen haben wieder von ganz verschiedenen und weit entfernten Gebieten der Naturwissenschaft ihren Ausgangspunkt genommen.

Was zunächst die äussere, die Physiologie der Beziehungen oder Relationen betrifft, d. h. die Lehre von den Beziehungen des thierischen Organismus zur Aussenwelt, so zerfällt diese wieder in zwei Theile, die Oecologie und die Chorologie der Thiere. Unter Oecologie verstehen wir die Lehre von der Oeconomie, von dem Haushalt der thierischen Organismen. Diese hat die gesammten Beziehungen des Thieres sowohl zu seiner anorganischen, als zu seiner organischen Umgebung zu untersuchen, vor allen die freundlichen und feindlichen Beziehungen zu denjenigen Thieren und Pflanzen, mit denen es in directe oder indirecte Berührung kommt; oder mit einem Worte alle diejenigen verwickelten Wechselbeziehungen, welche Darwin als die Bedingungen des Kampfes um's Dasein bezeichnet. Diese Oecologie (oft auch unpassend als Biologie im engsten Sinne bezeichnet) bildete bisher den Hauptbestandtheil der sogenannten „Naturgeschichte“ in dem gewöhnlichen Sinne des Wortes. Sie entwickelte sich, wie die zahlreichen populären Naturgeschichten älterer und neuerer Zeit zeigen, im engsten Zusammenhang mit der gewöhnlichen Systematik. So unkritisch nun auch meistens hierbei diese Oeconomie der Thiere behandelt wurde, so erwarb sie sich jedenfalls das Verdienst, das Interesse für Zoologie in weiteren Kreisen lebendig zu erhalten.

Viel geringere Theilnahme fand bis vor Kurzem der andere Zweig der Relations-Physiologie, die Chorologie, d. h. die Lehre von der geographischen und topographischen Verbreitung, von den horizontalen und vertikalen Grenzen der Thierarten, oder die Geographie der Thiere im weitesten Sinne des Wortes.

Bisher bestand dieselbe aus einem wüsten Chaos von bunt zusammengehäuften und unverstandenen Thatsachen, welchem selbst ein Alexander Humboldt und ein Carl Ritter nur hier und da ein tieferes Interesse abzugewinnen vermochte. Erst durch Darwin's Neubegründung der Descendenz-Theorie ist es möglich geworden, die geographische und topographische Verbreitung der Thier- und Pflanzenarten in ihren mechanischen Ursachen zu erkennen, und in ihrem eigentlichen Wesen als einen lebendigen Naturprocess zu erklären, der wesentlich durch die Wanderungen der Spielarten und ihre Umbildung im Kampfe um das Dasein bedingt ist. Obschon daher noch in den ersten Anfängen begriffen, lässt uns doch die Chorologie, ebenso wie die Oecologie der Thiere, schon jetzt eine Fülle der interessantesten Resultate aus der Ferne erblicken.

Als anderen Hauptzweig der Physiologie stellten wir vorher der äusseren oder der Relations-Physiologie die innere oder Conservations-Physiologie gegenüber, welche die Lebensthätigkeit des Organismus in Beziehung auf ihn selbst untersucht, die Functionen seiner Organe, und vor allen die wichtigsten und allgemeinsten Lebenserscheinungen, die Functionen der Selbsterhaltung, des Wachsthums, der Ernährung und Fortpflanzung. Dieser zweite Haupttheil der Physiologie hat, gänzlich von dem ersten getrennt, seinen Ausgangspunkt (ebenso wie die Anatomie) von der Medicin genommen. Sobald die wissenschaftliche Medicin erkannt hatte, dass für eine richtige Erkenntniss des kranken menschlichen Körpers nicht nur die Kenntniss seiner Organisation, sondern auch seiner gesammten Lebenserscheinungen im gesunden Zustande die unerlässliche Vorbedingung sei, musste sie die Physiologie des Menschen zur Voraussetzung seiner Pathologie machen. Da aber für viele physiologische Untersuchungen, namentlich für die mit Vivisection verbundenen Beobachtungen und Experimente der menschliche Organismus nicht tauglich ist, so wandten sich die menschlichen Physiologen schon frühzeitig an die dem Menschen nächstverwandten Wirbelthiere, unter denen insbesondere der treue Hund und der unglückliche Frosch das bedauernswerthe Massenmaterial für die Experimental-Physiologie liefern mussten. Freilich war diese aus dem praktischen Bedürfniss hervor-

gehende Untersuchung gewisser Lebenserscheinungen an einzelnen Wirbelthieren weit davon entfernt, zu einer wirklichen „vergleichenden Physiologie“ zu führen. Eine solche existirt auch heute noch nur dem Begriff und der Aufgabe nach, und die Einseitigkeit der menschlichen Wirbelthier-Physiologen trägt daran vielleicht nicht geringere Schuld, als die Gleichgültigkeit der systematischen Zoologen. Soviel ist aber jedenfalls dadurch schon jetzt gewonnen, dass das metaphysische Gespenst der sogenannten „Lebenskraft“ nicht bloss von dem Gebiete der menschlichen, sondern auch der gesammten thierischen Physiologie völlig und für immer verbannt ist. Von diesem mystischen Producte dualistischer Confusion, welches bald als zweckthätiges Lebensprincip, bald als zweckmässig wirkende Endursache, bald als organische Schöpfungskraft so viel Unheil und Verwirrung angerichtet hat, kann jetzt bei einer wahrhaft wissenschaftlichen Untersuchung und Erklärung der Lebenserscheinungen nicht mehr die Rede sein. Wir wissen jetzt, dass alle Lebenserscheinungen der Thiere, ebenso wie des Menschen, mit absoluter Nothwendigkeit nach grossen mechanischen Naturgesetzen erfolgen, dass sie nicht durch Endzwecke (Causae finales), sondern durch mechanische Ursachen (Causae efficientes) bewirkt werden, und dass sie im letzten Grunde auf physikalisch-chemischen Processen beruhen, auf unendlich feinen und verwickelten Bewegungserscheinungen der kleinsten Theilchen, welche den Körper zusammensetzen. Aber auch hier in der Physiologie, wie in der Morphologie, wird uns das volle Licht über den natürlichen und mechanischen Zusammenhang aller Erscheinungen erst durch Lamarck's und Darwin's Descendenz-Theorie gegeben werden. Sie wird uns zeigen, wie gleich den Formen der Zellen und Organe auch ihre eigenthümlichen Lebensbewegungen, ihre specifischen Functionen, sich auf dem langen und langsamen Wege fortschreitender Entwickelung und Arbeitstheilung stufenweise und allmählich entwickelt haben.

Auf keinem Gebiete der Zoologie wird diese Erkenntniss grössere Umwälzungen hervorbringen, als auf demjenigen der thierischen Psychologie, auf welche wir nothwendig jetzt noch zuletzt einen besonderen Blick werfen müssen. Denn

gerade die Seelenlehre der Thiere hat sich in grösserer Isolirung entwickelt, und ist daher auch in stärkerem Rückstande geblieben, als alle übrigen Zweige der Zoologie. Hat ja selbst die menschliche Psychologie, von welcher doch alle vergleichende Psychologie der Thiere immer erst ausgegangen ist, sich bisher fast ganz im Dienste einer speculativen Philosophie entwickelt, welche die unentbehrlichen Fundamente der empirischen Physiologie von vornherein verschmähte.

Was würden wir heutzutage von einem Botaniker sagen, der das Seelenleben der Pflanzen von ihren übrigen Lebenserscheinungen trennen und das Studium der letzteren der empirischen Physiologie, dasjenige der ersteren aber der speculativen Philosophie zuweisen wollte? Und doch zeigen uns die Seelenerscheinungen mancher Pflanze (wie z. B. der schamhaften Mimose, der empfindlichen Fliegenfalle, und selbst unserer einheimischen Berberitzenblüthe) einen höheren Grad der Vollkommenheit, als diejenigen vieler niederen Thiere, wie z. B. der Schwämme, vieler Corallen, und der Seescheiden oder Ascidien! Diese letzteren aber, die Ascidien, besitzen unter allen wirbellosen Thieren die nächste Blutsverwandtschaft mit den Wirbelthieren; und unter diesen finden wir eine solche ununterbrochene Continuität in der stufenweisen Entwickelung des Seelenlebens, dass wir eine zusammenhängende Fortschrittsreihe aufstellen können von manchen Amphibien, deren geistige Entwickelung weit hinter derjenigen der höheren Wirbellosen zurückbleibt, bis zu manchen Säugethieren, die sich vielleicht über die niedersten Menschenstufen erheben.

Sobald man auf diesem dunkeln und durch mystische Speculationen noch mehr verdunkelten Gebiete diejenigen Untersuchungs-Methoden befolgt, die uns überall in der Biologie zum Ziele führen, die beiden Methoden der Vergleichung und der Entwickelungsgeschichte, so muss man nothwendig zu dem Resultate gelangen, dass auch das menschliche Seelenleben, gleich den übrigen Lebensfunctionen, sich im Kampf um's Dasein langsam, und in gleichem Schritt mit der fortschreitenden Vervollkommnung des Nervensystems, historisch entwickelt hat. Die Untersuchung desselben kann mithin keiner

anderen Wissenschaft anheimfallen, als der vergleichenden Physiologie, also einem Zweige der Zoologie.

Hier ist nun vor Allem der Punkt, wo die Zoologie in die engste Berührung mit der speculativen Philosophie tritt. Unsere Sorge aber wird es sein müssen, dahin zu wirken, dass diese Berührung nicht zu einer feindlichen Abstossung, sondern zu einer fördernden Annäherung führe. Denn die Zoologie kann nach unserer Ueberzeugung so wenig als irgend eine andere Naturwissenschaft, der philosophischen Speculation entbehren. Sie kann eben so wenig ohne dieselbe zu dauernden Erfolgen gelangen, als die speculative Philosophie ohne die empirische Basis der Naturwissenschaft. Die höchsten Ziele und Probleme jeder gesunden Naturwissenschaft sind allgemeine Erkenntnisse philosophischer Natur. Die tiefsten Fundamente und Stützpunkte jeder gesunden Philosophie sind physiologische Gesetze empirischen Ursprungs. Nur in der innigsten gegenseitigen Durchdringung und Förderung können die empirische Naturwissenschaft und die speculative Philosophie ihr gemeinsames Ziel erreichen: Erkenntniss der natürlichen Wahrheit.

Die Naturforscher, welche stolz auf ihre absolute Empirie, ohne philosophische Gedanken-Operationen die Naturwissenschaft fördern zu können meinen, sind schuld an der entsetzlichen Verwirrung der Begriffe und Urtheile, und an den erstaunlichen Verstössen gegen die natürliche Logik, denen man überall in der zoologischen und botanischen Literatur begegnet, und die jedem Philosophen ein mitleidiges Achselzucken entlocken müssen. Die Philosophen andererseits, welche bloss durch reine Speculationen, ohne die empirisch-naturwissenschaftliche Basis, zur Erkenntniss allgemeiner Gesetze gelangen zu können glauben, bauen Luftschlösser, die der erste beste Empiriker mit Hülfe sinnlicher Erfahrungen umblasen kann.

Wie nothwendig für den wahren Fortschritt der Wissenschaft, und vor allem der Zoologie, die innigste gegenseitige Wechselwirkung zwischen der analytischen Empirie und der synthetischen Philosophie ist, zeigt Nichts mehr, als die grosse Frage, welche gegenwärtig die denkenden Köpfe in allen Erdtheilen bewegt, die Frage von der „Stellung des Menschen in der Natur“. Indem wir selbst diese Frage schon jetzt im Sinne

der Descendenz-Theorie für entschieden halten, und demgemäss eine stufenweise Entwickelung des Menschengeschlechts aus einer Reihe von niederen Wirbelthierformen annehmen, stützen wir uns auf das zustimmende Urtheil der grössten jetzt lebenden Naturforscher, von denen wir nur die berühmten Engländer: Darwin, Lyell, Huxley, Hooker, Spencer, Lewes nennen wollen, um von den uns näherstehenden deutschen Naturforschern ganz zu schweigen.

Gegenüber den einsichtigen und denkenden Männern, welche unter den zahlreichen Gegnern dieser Lehre noch entgegengesetzter Ansicht sind, können wir aber nicht umhin, hier ausdrücklich hervorzuheben, dass jedenfalls diese „Frage aller Fragen" im eigentlichsten Sinne des Wortes eine rein zoologische ist, und dass der Kampfplatz für ihre definitive Entscheidung einzig und allein das Gebiet der wissenschaftlichen Zoologie, d. h. der empirisch-philosophischen Thierkunde ist. Denn nur der Zoolog, welcher im sicheren Besitze gründlicher morphologischer und physiologischer Kenntnisse ist, und welcher dieselben in umfassendem Sinne denkend zu verwerthen weiss, kann das ungeheure Gewicht der Beweisgründe richtig würdigen, welche die Descendenz-Theorie auch in ihrer Anwendung auf den Menschen schon jetzt unumstösslich begründen. Wenn daher speculative Philosophen ohne die unerlässlichen Kenntnisse in der Anatomie, Entwickelungsgeschichte und Physiologie diese Frage behandeln wollen, so bleiben ihre Beiträge zu deren Lösung ebenso werthlos, wie die Producte der rohen Empiriker, welche aus Mangel an philosophischem Verständniss der Thatsachen-Reihen nicht zu deren Combination und speculativen Verwerthung befähigt sind. Obgleich nun leider die allermeisten von den zahllosen Abhandlungen, welche jetzt die Stellung des Menschen in der Natur entscheiden wollen, einer von den beiden letzten Kategorien angehören, so wird doch andererseits ihre definitive Bestimmung durch die Bemühungen der wahren empirisch-philosophischen Zoologie dergestalt gefördert, dass sich binnen Kurzem schon Lyell's Prophezeiung bewahrheiten dürfte: „Es wird hiermit gehen, wie immer, wenn eine neue und überraschende wissenschaftliche Wahrheit entdeckt wird: die Menschen sagen zuerst: „Es ist nicht wahr!" alsdann: „Es

streitet gegen die Religion", und zuletzt: „Das hat man schon lange gewusst".

Indem ich jetzt mit dem Hinweis auf dieses höchste Problem der wissenschaftlichen Zoologie meine Darlegung von ihren Aufgaben und ihrer Bedeutung schliesse, so hoffe ich, dadurch wenigstens eine annähernde Vorstellung von der ungemeinen Entwickelungsfähigkeit und der bedeutenden Zukunft unserer jugendlichen Wissenschaft gegeben zu haben. Nachdem die Thierkunde kaum anderthalb Jahrhunderte als selbstständige Wissenschaft überhaupt existirt, und nachdem sie den grössten Theil dieser Zeit in einer kindlichen Anspruchslosigkeit verlebt hat, unbewusst der in ihr schlummernden Kräfte, und ohne Ahnung von ihren hohen Zielen, hat sie seit Beginn unseres Jahrhunderts sich auf eine höhere Entwickelungsstufe dadurch vorzubereiten begonnen, dass sie ihre einzelnen integrirenden Bestandtheile, die sich zusammenhangslos im Dienste anderer, fremder Wissenschaften entwickelt hatten, um sich zu sammeln begann. Seitdem aber vor zehn Jahren Charles Darwin das einheitliche Band knüpfte, welches alle diese weit getrennten Disciplinen zu einem mächtigen Gesammtkörper vereinigt, und seitdem er damit dem jugendlichen Riesenleibe der wiedergeborenen Zoologie neues kraftvolles Leben einhauchte, hat sich der Gesichtskreis und das Ziel unserer Wissenschaft unermesslich erweitert. Von allen Seiten lockt sie strebsame und wissensdurstige Arbeiter heran, und verspricht überall die reichste Ernte. Und selbst wenn wir alle übrigen Errungenschaften der Zoologie gering anschlagen wollten, so würde allein schon ihre unauflösliche Verbindung mit der empirisch-philosophischen Anthropologie ihr die höchste Bedeutung verleihen. Die monistische Philosophie der Zukunft wird die vergleichende Thierkunde aus diesem einzigen Grunde gar nicht mehr entbehren können; und so wird sich aus dem kleinen und verachteten Samenkorne der Zoologie ein Wissenschaftsbaum entwickeln, der in Zukunft alle übrigen Wissenschaften in seinen Schatten aufnehmen wird, und aus dessen Wurzeln sie alle mehr oder minder ihre Nahrung werden beziehen müssen.

Uebersicht über die Hauptzweige der wissenschaftlichen Zoologie.

Animale Morphologie oder Formenlehre der Thiere.				**Animale Physiologie** oder Leistungslehre der Thiere.			
I. Anatomie. Körperbaulehre der Thiere. (Vergleichende Anatomie.)		**II. Zoogenie.** Entwickelungsgeschichte der Thiere.		**III. Ergologie.** Physiologie der Arbeitsleistungen.		**IV. Perilogie.** Physiologie der Beziehungen.	
1. Tectologie oder Structurlehre.	**2. Promorphologie** oder Grundformenlehre.	**3. Ontogenie.** Keimesgeschichte.	**4. Phylogenie.** Stammesgeschichte.	**5. Physiologie der vegetativen Leistungen.**	**6. Physiologie der animalen Leistungen.**	**7. Oecologie.** Haushaltslehre.	**8. Chorologie.** Verbreitungslehre.
—	—	—	—	—	—	—	—
(Histologie, Organologie, Blastologie, Cormologie.)	(Geometrische ideale Grundform und reale Körperform.)	(Embryologie, Metamorphosenlehre, Lebensgeschichte.)	(Palaeontologie, Genealogie, Natürliche Systematik.)	(Stoffwechsel, Ernährung, Verdauung, Athmung, Kreislauf, Fortpflanzung.)	(Empfindung, Bewegung, Wille, Vorstellung, Seelen-Leben.)	(Oekonomie, Wohnung, Beziehungen zu anderen Organismen, Parasiten.)	(Geographie und Topographie der Thiere. Wanderungen.)

Ueber die

Wellenzeugung der Lebenstheilchen

oder die

Perigenesis der Plastidule.

Vortrag

gehalten am 19. November 1875

in der medicinisch-naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Jena.

„Nie war Natur und ihr lebend'ges Fliessen
Auf Tag und Nacht und Stunden angewiesen;
Sie bildet regelnd jegliche Gestalt,
Und selbst im Grossen ist es nicht Gewalt."

Goethe.

Seit einem Decennium macht sich in der Naturwissenschaft mit stetig wachsender Kraft eine philosophische Bewegung geltend, deren Wellen immer weitere Kreise erregen und im Reiche der Philosophie eine entsprechende naturwissenschaftliche Strömung erzeugt haben. Je gewaltiger einerseits die Masse neuer Entdeckungen anwächst, welche der emsige Fleiss zahlreicher Beobachter auf allen Gebietstheilen der Naturwissenschaft zusammenhäuft, desto stärker empfinden alle denkenden Naturforscher das Bedürfniss, einheitliche philosophische Gesichtspunkte für deren Verständniss zu gewinnen und von der Kenntniss der Thatsachen zur Erkenntniss der Ursachen emporzusteigen. Je weniger anderseits die zahlreichen, der Empirie feindlich gegenüberstehenden Systeme der metaphysischen Speculation einen bleibenden Erfolg erringen konnten, desto mehr drängt sich den weiter blickenden Philosophen die Ueberzeugung auf, dass nur auf der sicheren Basis jener empirischen Errungenschaften ein dauerhaftes System der Erkenntniss errichtet werden kann, und dass dabei nothwendig die Kenntniss der Thatsachen der Erkenntniss ihrer Ursachen vorausgehen muss.

Unter den mancherlei Umständen, welche diese erfreuliche Annäherung der Philosophie und der Naturwissenschaft herbeigeführt und begünstigt haben, ist unstreitig am wichtigsten die Umgestaltung der Entwickelungslehre, zu welcher Charles Darwin durch sein epochemachendes Werk „über die Entstehung der Arten" den ersten Anstoss gab. Wenn dieser grosse Naturforscher es auch vorsichtig vermied, seiner Selections-Theorie und der dadurch reformirten Descendenz-Theorie das Gewand eines philosophischen Systems zu geben und die damit verbundenen Consequenzen zu ziehen, so kann doch kein tiefer Blickender mehr zweifeln, dass der beispiellose Erfolg von

Darwin's Schriften nicht in dem ungeheuren Reichthum der zusammengestellten empirischen Thatsachen, sondern in deren geistvoller Erklärung und Verknüpfung durch das gemeinsame Band der Entwickelungs-Theorie liegt. Diese einheitliche Erklärung der verschiedenartigsten Erscheinungen ist aber eine philosophische That.

Den ersten umfassenden Versuch, die philosophischen Grundgedanken der neu erstandenen Entwickelungslehre systematisch auszubilden, und insbesondere die Wissenschaft von den organischen Formen durch die Descendenz-Theorie mechanisch zu begründen, unternahm ich vor zehn Jahren in meiner „generellen Morphologie der Organismen". Wie verfehlt und übereilt dieser Versuch in vieler Beziehung auch war, so haben sich doch manche darin niedergelegte neue Vorstellungen inzwischen als naturgemäss und fruchtbar erwiesen. Das scheint mir namentlich von meiner Auffassung der beiden Hauptzweige der organischen Entwickelungsgeschichte und des zwischen Beiden bestehenden ursächlichen Zusammenhanges zu gelten.

Bisher hatte man unter „Entwickelungsgeschichte" schlechtweg nur diejenige der individuellen organischen Formen verstanden, die sogenannte „Embryologie" und die „Metamorphologie" (oder embryonale und postembryonale Entwickelungsgeschichte), die beide unter dem Begriffe der Keimesgeschichte oder Ontogenie zusammengefasst werden können. Aber diese Ontogenie ist nur ein Hauptzweig der Biogenie oder der allumfassenden „Entwickelungsgeschichte der Organismen".

Als zweiter Hauptzweig steht ihr gegenüber die paläontologische Entwickelungsgeschichte der organischen Arten und Stämme, der Formen-Ketten, welche im ununterbrochenen Zusammenhange ungezählter Generationen von Anbeginn des organischen Lebens auf unserm Planeten bis zur Gegenwart sich entwickelt haben. Diese Entwickelungsgeschichte der Generationsreihen, „Paläontologie und Genealogie" umfassend, wird am besten kurz als Stammesgeschichte oder Phylogenie bezeichnet.

Keimesgeschichte und Stammesgeschichte, Ontogenie und Phylogenie, sind nach meiner Auffassung zwei Wissenschaften, welche in dem engsten und unmittelbarsten ursächlichen Zusammenhang stehen. Dass Beide sich in so verschiedenem Maasse

entwickelten, dass die ältere Keimesgeschichte früher allein als die „eigentliche Entwickelungsgeschichte“ galt, während die jüngere Stammesgeschichte erst vor zehn Jahren zu selbstständiger Geltung kam und selbst heute noch vielfach nicht anerkannt wird, das liegt einerseits an der verschiedenartigen empirischen Methode, andererseits an den ungleichen theoretischen Ansprüchen beider Disciplinen. Denn die individuelle Entwickelung der Organismen, ihre Keimesentwickelung oder Ontogenesis, ist ein rascher Bildungsprocess, welcher in kürzester Zeit unter unseren Augen verläuft, und dessen äussere Erscheinungsreihe wir unmittelbar von Anfang bis zu Ende verfolgen können, meist innerhalb weniger Wochen oder Monate, selten in längerer Zeit. Schritt für Schritt, und Stufe für Stufe, können wir hier durch zusammenhängende Beobachtung die veränderliche Formenreihe erkennen, welche jedes einzelne Thier, jede einzelne Pflanze vom Ei bis zur Vollendung durchläuft. Hingegen ist die paläontologische Entwickelung der Organismen, ihre Stammesentwickelung oder Phylogenesis, ein langsamer Bildungsprocess, der ungeheuere Zeiträume erfüllt, dessen einzelne Schritte nach Jahrtausenden, dessen wahrnehmbare Wegstrecken, geologischen Formationen entsprechend, nach Hunderttausenden und Millionen von Jahren zu bemessen sind. Der Unterschied zwischen einer Secunden-Uhr, deren Zeiger seinen Kreislauf innerhalb einer Minute, und einer Jahres-Uhr, deren Zeiger den seinigen im Verlauf von 365 Tagen vollendet, ist nicht so gross, wie die Differenz zwischen dem athemlosen Geschwindschritt der Keimesgeschichte und dem kaum wahrnehmbaren Dahinschleichen der Stammesgeschichte. Was aber noch viel mehr ins Gewicht fällt, das ist die mangelhafte empirische Basis der letzteren. Die paläontologische „Schöpfungsurkunde“, welche uns unmittelbar in der Reihenfolge der Versteinerungen die Bilder-Gallerie der ausgestorbenen Vorfahren unserer heutigen Organismen aufdecken sollte, ist aus bekannten Gründen im höchsten Maasse unvollständig und lückenhaft. Sie würde uns selbst in ihren sehr wichtigen Rest-Fragmenten kaum verständlich sein, wenn wir nicht zu ihrer Ergänzung und Ausfüllung zwei andere, höchst werthvolle Urkunden besässen: Die vergleichende Anatomie und Ontogenie. Welche hohe Bedeutung hier insbesondere der „ver-

gleichenden Anatomie“ zukommt, hat vor Allen Carl Gegenbaur in seinen mustergültigen Arbeiten gezeigt. Durch die gründliche Kenntniss, die denkende Vergleichung und die kritische Benutzung dieser drei wichtigsten „Schöpfungs-Urkunden“, der vergleichenden Anatomie, Ontogenie und Paläontologie, wird es uns möglich, die Grundzüge der Phylogenie oder Stammesgeschichte zu erkennen.

Von der höchsten Wichtigkeit dafür ist vor Allem der unmittelbare Causal-Nexus zwischen Ontogenie und Phylogenie. Dieser bedeutungsvolle ursächliche Zusammenhang, den schon die ältere Naturphilosophie vor einem halben Jahrhundert ahnte, und den nächst Darwin vor Allen Fritz Müller betonte, lässt sich in folgendem Satze formuliren: „Die Formenreihe, welche der individuelle Organismus während seiner Entwickelung von der Eizelle an bis zu seinem ausgebildeten Zustande durchläuft, ist eine kurze gedrängte Wiederholung der langen Formenreihe, welche die thierischen Vorfahren desselben Organismus, oder die Stammformen seiner Art von den ältesten Zeiten der sogenannten organischen Schöpfung an bis auf die Gegenwart durchlaufen haben“. (Vergl. die gen. Morphol., Bd. II, S. 295—300. Jenaische Zeitschr. für Naturw. Bd. VIII, S. 5; Bd. IX, S. 409; Bd. X, Suppl., S. 77.)

Mit anderen Worten: „Die Keimesentwickelung ist ein Auszug der Stammesentwickelung; um so vollständiger, je mehr durch Vererbung die Auszugs-Entwickelung oder Palingenesis beibehalten wird; um so weniger vollständig, je mehr durch Anpassung die Fälschungs-Entwickelung oder Cenogenesis eingeführt wird.“

Wie dieses biogenetische Grundgesetz der wahre Ariadne-Faden ist, der uns durch das verschlungene Labyrinth der Stammesgeschichte leitet, das glaube ich in meiner Gastraea-Theorie an dem Beispiele der Gastrula für das ganze Thierreich gezeigt zu haben. In meiner Monographie der Kalkschwämme habe ich dasselbe für sämmtliche stammverwandte Formen dieser kleinen Thiergruppe auf das genaueste im Einzelnen nachgewiesen, und in meiner Anthropogenie an dem besonderen Beispiele der Entwickelungsgeschichte des Menschen nachzuweisen versucht. Alle

Vorgänge in der Keimesgeschichte sind entweder palingenetischer oder cenogenetischer Natur.

Nachdem nun die Vererbung als die bewirkende Ursache der Palingenesis, die Anpassung als die „causa efficiens“ der Cenogenesis und Beide zusammen als die wesentlichen Factoren der Ontogenesis erwiesen waren, musste es als nächste Aufgabe erscheinen, die Vererbung und Anpassung selbst als physiologische Functionen der Organismen näher zu ergründen.

In der „generellen Morphologie“ hatte ich die Vererbung mit der Fortpflanzung, die Anpassung mit der Ernährung in unmittelbaren physiologischen Zusammenhang gebracht und damit die Möglichkeit einer mechanischen Auffassung und einer physikalisch-chemischen Erklärung auch für jene beiden wichtigsten „formbildenden Functionen“ der Organismen dargethan. Denn wenn die heutige Physiologie mit vollem Rechte dem Vitalismus und der Teleologie ihre Pforte verschliesst, wenn sie jede mystische und übernatürliche Action nach Art der „Lebenskraft“ verwirft und auf ihrem Gebiete nur physikalisch-chemische — oder in weiterem Sinne „mechanische“ — Kräfte wirken lässt, so muss sie auch für die beiden wichtigsten Lebensthätigkeiten der Formbildung, für die Vererbung und Anpassung, eine solche mechanische Erklärung suchen. Und wenn unser grosser kritischer Philosoph Immanuel Kant mit vollem Rechte an die Naturwissenschaft die Forderung stellt, überall mechanische Ursachen (causae efficientes) an die Stelle der zweckthätigen Ursachen (causae finales) zu setzen; wenn Kant ferner behauptet, dass der Mechanismus allein eine wirkliche Erklärung der Erscheinungen einschliesse, und dass es „ohne das Princip des Mechanismus in der Natur überhaupt keine Naturwissenschaft geben könne“, so werden wir auch für unsere Entwickelungsgeschichte als echte Naturwissenschaft diesen monistischen Standpunkt als den allein berechtigten anerkennen und für die physikalischen Thatsachen der organischen Entwickelung auch nur nach mechanischen Ursachen suchen dürfen.

Nun hat aber die moderne Physiologie, der eigentlich diese Aufgabe zufällt, bis heute noch nicht den Versuch gewagt, die Vererbung und Anpassung in diesem Sinne wirklich in Angriff zu nehmen und die Elementar-Vorgänge in beiden physiologischen

Functionen aufzusuchen. Einen einzigen derartigen Versuch hat bis jetzt nur Charles Darwin unternommen, als er 1868 seine „provisorische Hypothese der Pangenesis“ aufstellte. Es geschah dies im zweiten Bande des werthvollen Werkes über „das Variiren der Thiere und Pflanzen im Zustande der Domestication“ (27. Capitel). In der kürzlich erschienenen zweiten Auflage dieses Werkes (1875) hat Darwin seine Pangenesis-Hypothese noch ausführlicher und mit einigen Modificationen vorgetragen, und ich gebe hier zunächst ihren Kern mit denselben Worten, mit denen sie ihr Begründer daselbst zusammenfasst (Vol. II. p. 369). „Es wird allgemein zugegeben, dass die Zellen oder Einheiten des Körpers sich durch Selbsttheilung oder Knospung vermehren, wobei sie dieselbe Natur beibehalten; und dass sie schliesslich in die verschiedenen Gewebe und Substanzen des Körpers verwandelt werden. Aber ausser diesen Vermehrungsweisen nehme ich an, dass die Einheiten (oder Zellen) kleine Körnchen abgeben, welche durch das ganze System (des Körpers) zerstreut werden; dass diese, wenn sie mit gehöriger Nahrung versorgt werden, sich durch Selbsttheilung vervielfältigen, und schliesslich zu Einheiten (oder Zellen) entwickelt werden, gleich denen, von denen sie ursprünglich abgeleitet sind. Diese Körnchen können „Keimchen“ (oder „Gemmules“) genannt werden. Sie sammeln sich aus allen Theilen des Körpers, um die Geschlechtselemente zusammenzusetzen, und ihre Entwickelung in der nächsten Generation bildet ein neues Wesen; aber sie sind gleicherweise auch fähig, in einem schlummernden Zustande an künftige Generationen überliefert und dann erst entwickelt zu werden. Ihre Entwickelung hängt ab von ihrer Vereinigung mit anderen, theilweise entwickelten oder entstehenden Zellen, welche ihnen im regelmässigen Verlaufe des Wachsthums vorausgehen. Warum ich den Ausdruck „Vereinigung“ gebrauche, wird sich zeigen, wenn wir die directe Einwirkung des Pollens auf die Gewebe der Mutterpflanzen erörtern. Es wird angenommen, dass Keimchen von jeder Einheit oder Zelle nicht bloss während ihres erwachsenen Zustandes abgegeben werden, sondern auch während jedes Entwickelungszustandes eines jeden Organismus; aber nicht nothwendig während der fortgesetzten Existenz derselben Zelle. Endlich nehme ich an, dass die Keim-

chen in ihrem schlummernden Zustande eine gegenseitige Verwandtschaft zu einander haben, welche zu ihrer Anhäufung entweder zu Knospen oder zu Sexual-Elementen führt. Daher sind es nicht die Geschlechtsorgane oder die Knospen, welche neue Organismen erzeugen, sondern die Einheiten oder Zellen, aus denen jedes Individuum zusammengesetzt ist."

Dies ist mit kurzen Worten die „Provisorische Hypothese der Pangenesis" von Charles Darwin. Ihre ausführliche Auseinandersetzung und Begründung, ihre Anwendung auf die verschiedenen Haupterscheinungen der organischen Entwickelung und namentlich ihre Benutzung zur Erklärung der Vererbungs- und Anpassungs-Phänomene ist in dem Original-Werke selbst nachzusehen; einem Werke, welches durch die fleissige Zusammenstellung und kritische Sichtung eines unendlich reichen Beobachtungs-Materials, wie durch die geniale Auffassung und klare Darlegung desselben uns den grossen britischen Forscher in seiner ganzen Bedeutung zeigt.

Charles Darwin selbst hat seine „Hypothese der Pangenesis" von Anfang an als eine provisorische bezeichnet, als einen ersten Versuch, die Gesammtheit der organischen Entwickelungsprocesse auf ihre elementaren Ursachen zurückzuführen und sie so von einem einheitlichen causalen Gesichtspunkte aus zu erklären. Gleich seiner Selections-Theorie hat auch diese Pangenesis-Hypothese sofort das lebhafteste Interesse erweckt und von der einen Seite ebenso lebhaften Beifall, als von der anderen entschiedenen Widerspruch erfahren. Ich selbst habe in meinen bisherigen Arbeiten dieselbe nicht berührt und habe sowohl in der Natürlichen Schöpfungsgeschichte und in der Anthropogenie, wie in meinen übrigen Beiträgen zur Entwickelungslehre bis heute die Pangenesis absichtlich mit Stillschweigen übergangen. Ich brauche wohl nicht hinzuzufügen, dass weder Mangel an Interesse noch an Hochachtung vor dem scharfsinnigen Autor mich zu diesem Stillschweigen veranlasst hat. Vielmehr liegt der wahre Grund desselben in Folgendem: von Anfang an, und sofort nachdem ich vor acht Jahren mit der Pangenesis bekannt geworden, habe ich mich in entschiedenem inneren Widerspruche mit derselben befunden; einem Antagonismus, der um so stärker und unüberwindlicher wurde, je

mehr ich durch eingehendstes Nachdenken mich mit der Pangenesis zu befreunden und durch ihre Anwendung auf die verschiedensten Erscheinungen der Entwickelung ihre Brauchbarkeit zu erkennen suchte. Nun war ich aber stets und bin auch noch heute von viel zu hoher Verehrung für Charles Darwin, von viel zu aufrichtiger Bewunderung für seine leitenden Ideen erfüllt, als dass ich einer so umfassenden und grossartig angelegten Hypothese hätte entgegentreten und ihre Widerlegung versuchen mögen, ohne irgend etwas Anderes an ihre Stelle setzen zu können. Wenn ich nun heute diesen Versuch hier wage, so geschieht es, weil einige, vor zehn Jahren in der „Generellen Morphologie" niedergelegte Keime sich inzwischen zu einer eigenen Hypothese entwickelt haben, welche mir mehr innere Wahrscheinlichkeit als die Pangenesis zu besitzen scheint und von der ich selbst hoffen zu dürfen glaube, dass sie sich zum Range einer genetischen Molecular-Theorie wird ausbilden lassen. Ich bezeichne diese Hypothese als die „Perigenesis der Plastidule" oder um eine möglichst entsprechende deutsche Bezeichnung zu versuchen, als die „Wellenzeugung der Lebenstheilchen".

Um Missverständnisse zu vermeiden und der irrigen, gegen die Kohlenstofftheorie und gegen andere meiner theoretischen Speculationen geltend gemachten Ansicht vorzubeugen, dass ich ein neues „Dogma" in die Naturwissenschaft einführen wolle, bemerke ich zum voraus, dass ich auch diese „Perigenesis der Plastidule" zunächst nur als eine „provisorische Hypothese" betrachte; wenngleich ich die Hoffnung hege, dass darin die Keime zu einer umfassenden Theorie liegen, von der aus vielleicht künftig die Gesammtheit der organischen Entwickelungs-Phänomene sich streng mechanisch, aus physikalisch-chemischen Elementar-Vorgängen wird erklären lassen. Zugleich erkläre ich mit Bezug auf Charles Darwin, meinen hochverehrten Freund und Meister, dass meine Opposition sich ausschliesslich auf seine „Pangenesis" bezieht, während ich seine übrigen theoretischen Anschauungen — insbesondere sein eigenstes Werk, die Selectionstheorie mit ihren Consequenzen — nach wie vor vollständig theile und nach Kräften vertrete. Diese Erklärung ist sicher überflüssig gegenüber Darwin selbst. Denn der

grosse britische Naturforscher, der eine neue und unendlich fruchtbare Epoche der Biologie einleitete, und dem ich selbst die grösste Anregung für meine Arbeiten verdanke, ist viel zu fest von meiner aufrichtigen Dankbarkeit und treuen Hingebung überzeugt, als dass er durch meine Bekämpfung der Pangenesis und die Gegenüberstellung der Perigenesis irgendwie daran irre gemacht werden könnte. Dagegen erscheint diese Erklärung wohl geboten durch die Taktik zahlreicher Gegner der Descendenz-Theorie, welche jede, im Lager ihrer Anhänger auftretende Meinungsdifferenz mit Freuden als Zeichen ihrer inneren Unsicherheit begrüssen. Ich hebe daher nochmals ausdrücklich hervor, dass Darwin's Selections-Theorie und die durch letztere neu begründete Descendenz-Theorie nach meiner Ueberzeugung unerschütterlich feststehen und durch die hier folgenden speculativen Erörterungen nicht im Mindesten bedroht werden. Hier handelt es sich bloss um eine Hypothese zur mechanischen Erklärung der elementarsten Entwickelungs-Vorgänge. Mag die Pangenesis oder mag die Perigenesis richtig sein, oder mögen beide falsch sein, die Descendenz-Theorie von Lamarck und die Selections-Theorie von Darwin werden dadurch nicht im Geringsten erschüttert.

Zur Begründung unserer Perigenesis gehen wir von derjenigen Anschauung der organischen Welt aus, welche sich unmittelbar auf die Natur ihrer erkennbaren Elementartheile stützt und welche in der herrschenden Zellen-Theorie ihren umfassendsten Ausdruck findet. Seitdem die Zellen-Theorie im Jahre 1838 hier in Jena durch den genialen Botaniker Schleiden für das Pflanzenreich begründet und im folgenden Jahre von Schwann auf das Thierreich ausgedehnt wurde, gilt dieselbe in der Botanik wie in der Zoologie, in der Morphologie wie in der Physiologie der Organismen mit vollem Rechte als die feste Basis und als der unerschütterliche Ausgangspunkt für jede elementare Untersuchung. Wie sehr auch der Begriff der „Zelle" in den seither verflossenen 38 Jahren sich veränderte, wie grossartig auch die Zellen-Theorie im Inneren überall ausgebaut und im Aeusseren erweitert wurde, ihr Grundgedanke ist unverändert derselbe geblieben und hat sich zu immer höherer Geltung erhoben. Dieser Grundgedanke liegt darin, dass wir die

mikroskopischen Zellen als selbstständige Lebewesen, als physiologisch und morphologisch autonome Organismen anzusehen haben; Brücke hat sie deshalb passend als Elementar-Organismen bezeichnet, Virchow als Lebensheerde, Darwin als Lebenseinheiten; mit Beziehung auf die übergeordneten Stufen der organischen Individualität (Organ, Person, Stock) habe ich sie in der generellen Morphologie als „Individuen erster Ordnung“ unten an die Basis der anatomischen Individualitätslehre gestellt. Vor allen anderen Naturforschern hat Rudolf Virchow das bleibende Verdienst, in diesem Sinne die Zellenlehre nach allen Richtungen hin durchgeführt und durch seine „Cellular-Pathologie“ der neueren Medicin die feste histologische Basis gegeben zu haben; und wenn ich selbst zum elementaren Ausbau der Entwickelungslehre Einiges beitragen konnte, so danke ich es zum grossen Theile den cellular-biologischen Anschauungen, mit denen mich der Unterricht Virchow's vor zwanzig Jahren in Würzburg durchdrungen hat. Seiner Anschauung folgend betrachte ich jeden höheren Organismus als eine organisirte sociale Einheit, als einen Staat, dessen Staatsbürger die einzelnen Zellen sind. Wie in jedem civilisirten Staate die einzelnen Staatsbürger zwar bis zu einem gewissen Grade selbstständig, aber zugleich durch die Arbeitstheilung von einander abhängig und den Gesetzen des Ganzen unterworfen sind, so geniessen auch im Körper jedes höheren Thieres und jeder höheren Pflanze die zahllosen mikroskopischen Zellen zwar bis zu einem gewissen Grade ihre individuelle Selbstständigkeit, sind aber ebenso durch die Arbeitstheilung ungleichartig ausgebildet und von einander abhängig; zugleich werden sie durch die Gesetze des centralisirten Ganzen mehr oder minder beherrscht. Dieser vollkommen zutreffende und oft angewendete politische Vergleich ist kein entferntes Sinnbild, sondern beansprucht reale Geltung; die Zellen sind wirkliche Staatsbürger. Er kann auch noch weiter dahin ausgedehnt werden, dass wir den straffer centralisirten Thierkörper als eine Zellen-Monarchie, den weniger centralisirten Pflanzenorganismus als eine Zellen-Republik betrachten. Wie uns die vergleichende Staatswissenschaft in den gegenwärtig noch existirenden Staatenbildungen der Menschheit eine lange Reihe der aufsteigenden Vervollkommnung von den

rohen Horden der Wilden bis zum höchst entwickelten Culturstaate vorführt, so zeigt uns auch die vergleichende Anatomie der Thiere und Pflanzen eine lange Stufenleiter zunehmender Vervollkommnung im Zellen-Staate. Da treffen wir unten, auf der tiefsten Stufe der Association und Gemeindebildung der Zellen, die niederen Algen und Pilze, die Schwämme und Korallen, die mit ihrer geringen Arbeitstheilung und Centralisation sich nicht über den Rang roher Wildenhorden erhoben haben. Hingegen finden wir oben auf der Höhe der Entwickelung die gewaltige Zellen-Republik des Baumes, die bewunderungswürdige Zellen-Monarchie des Wirbelthieres, in welchen die mannigfaltige Ausbildung und Arbeitstheilung der constituirenden Zellen zur Entstehung der verschiedensten Organe Veranlassung gegeben hat, und in welchen die Coordination und Subordination der Stände, das Zusammenwirken für die Wohlfahrt des Ganzen, die Centralisation der Regierung, kurz mit einem Worte die „Organisation", eine erstaunliche Höhe erreicht hat. Gewöhnlich nimmt man irrthümlich an, dieser grosse verwickelte Organismus mit seiner „zweckmässigen Einrichtung" könne nur durch einen vorbedachten Schöpfungsplan ins Leben gerufen sein. Und doch hat sich dieser planvoll organisirte Zellenstaat im Laufe vieler Millionen Jahre ohne vorbedachten „Zweck" ganz ebenso nothwendig durch das Zusammenwirken und die historische Ausbildung der constituirenden Zellen entwickelt, wie sich der menschliche Culturstaat im Laufe weniger Jahrtausende Schritt für Schritt durch die Wechselwirkung und die fortschreitende Arbeitstheilung der Staatsbürger entwickelt hat. Die Culturgeschichte der Menschheit erklärt uns die Organisationsgeschichte der vielzelligen Organismen.

Dieser politische Grundgedanke der Zellen-Theorie, von dem das ganze Verständniss der Biologie abhängt, wird durch die Entwickelungsgeschichte gerechtfertigt. Jeder höhere und jeder niedere vielzellige Organismus entwickelt sich ursprünglich aus einer einzigen Zelle, aus der Eizelle; und wie wir diesen einzelligen Ursprung an jedem Individuum unmittelbar beobachten können, so dürfen wir ihn für jeden organischen Stamm, für jede Gruppe von stammverwandten Arten unbedenklich annehmen. Die empirisch nachgewiesene einzellige Keimform ist

nach unserem biogenetischen Grundgesetze die Wiederholung einer entsprechenden, ausgestorbenen, unbekannten Stammform. Die Beschaffenheit solcher einzelligen Stammformen wird uns wieder vortrefflich erläutert durch die zahlreichen, heute noch lebenden einzelligen Organismen, z. B. die Amoeben, Flagellaten, Diatomeen u. s. w. Das sind wilde Einsiedler, die ihr freies, selbstständiges Leben als Einzelzelle beibehalten und sich nicht zur Association und Staatenbildung entschliessen können.

Festhaltend an diesem cellular-politischen Grundgedanken, der den eigentlichen Schwerpunkt für das Verständniss der Zellen-Theorie bildet, müssen wir nun die wichtigsten Wandelungen kurz berühren, welche die letztere in neuester Zeit erlitten hat. Als folgenschwerster Fortschritt ist da zunächst die Protoplasma-Theorie zu erwähnen, welche zuerst von Ferdinand Cohn 1850 aufgestellt, dann von Max Schultze 1861 weiter ausgebildet wurde und in England eine ähnliche Formulirung durch Lionel Beale 1862 erfuhr. Ausgehend von der Aehnlichkeit, welche unter dem Mikroskope die Structur des gewöhnlichen Pflanzengewebes auf dem Durchschnitte mit einer Bienenwabe zeigt, hatte man die selbstständigen aber dicht an einander liegenden Elementartheile des ersteren mit den Honigzellen der letzteren verglichen und danach eben „Zellen" genannt. Hier wie dort schien die „Zelle" ein geschlossenes, mit Flüssigkeit erfülltes Säckchen oder Bläschen zu sein. Bald aber zeigte es sich, dass bei sehr vielen Zellen eine äussere, feste, umschliessende Hülle, eine eigentliche Zellmembran, ganz fehlt, und dass die Zelle wesentlich nur aus dem weichen, nicht flüssigen, sondern festflüssigen „Zelleninhalte", richtiger der eigentlichen „Zellsubstanz" besteht. Diese Zellsubstanz wird bald ausschliesslich, bald zu ihrem wichtigsten Theile aus einem eiweissartigen Stoffe gebildet, welchen zuerst Hugo Mohl erkannte und als Protoplasma, als „das zuerst Gebildete" bezeichnete. Das Protoplasma oder die eigentliche „Zellsubstanz" im engeren Sinne ist überall eine stickstoffhaltige Kohlenstoff-Verbindung von sehr verwickelter chemischer Zusammensetzung; sie befindet sich an der lebenden Zelle stets in einem weichen, festflüssigen Dichtigkeits- oder Aggregat-Zustande; was aber das Wichtigste ist, sie erscheint als der eigentliche Träger der Lebens-Erschei-

nungen, als der active Factor des Zellenlebens: das Protoplasma vollzieht die Functionen der Ernährung und Fortpflanzung, der Empfindung und Bewegung; das Protoplasma ist die eigentliche „Lebens-Substanz", oder wie Huxley sagt: „die physikalische Basis des Lebens".

Während so das Protoplasma oder „die lebendige Zellsubstanz" in den Vordergrund der Zellen-Theorie trat, wurden durch diese primäre, active Lebens-Substanz bald alle anderen, noch im entwickelten Organismus befindlichen Gewebes-Elemente — insbesondere die Zellmembranen und die Intercellular-Substanzen — als secundäre accessorische Bestandtheile, als passive „Protoplasma-Producte" in den Hintergrund gedrängt. Nur ein einziger weiterer Bestandtheil machte davon eine wichtige Ausnahme, der schon von Schleiden und Schwann hervorgehobene Zellkern (Nucleus oder Cytoblastus): ein kleinerer, vom Protoplasma umschlossener Körper, welcher diesem in chemischer und physiologischer Beziehung zwar sehr nahe verwandt, aber doch wesentlich davon verschieden und morphologisch gesondert ist. Früher nur für einen unwesentlichen und oft fehlenden Zellbestandtheil gehalten, stellte sich der Zellkern immer mehr als ein allgemein verbreiteter und höchst wichtiger Zellbestandtheil heraus. Zuletzt ergab sich, dass jede echte Zelle entweder zeitlebens oder doch wenigstens in ihrer frühesten Jugend einen echten Zellkern besitzt und dass dieser mindestens für gewisse Vorgänge des Zellenlebens, insbesondere für die Zelltheilung, eine ebenso grosse oder grössere Bedeutung als das Protoplasma besitzt. Insbesondere haben uns die ausgezeichnet sorgfältigen Untersuchungen der neuesten Zeit von Eduard Strasburger, Oscar Hertwig, Leopold Auerbach, Otto Bütschli u. A. darüber die wichtigsten Aufschlüsse gegeben. Ist auch im Einzelnen die wichtige Rolle des Zellenkerns noch nicht ganz festgestellt, so bleibt jetzt doch so viel sicher, dass der Zellenkern mit und neben dem Protoplasma als wichtigster lebendiger Zellbestandtheil im Vordergrund des Zellenlebens steht. Es war daher vollkommen gerechtfertigt, wenn ich in der generellen Morphologie Nucleus und Protoplasma als die beiden wesentlichen, zum Begriff der Zelle unentbehrlichen Bestandtheile derselben bezeichnete, und sie als active Zellbe-

standtheile den passiven „Plasma-Producten“ gegenübergestellte.

Ein weiterer Fortschritt in unserer Erkenntniss der Elementar-Organe wurde durch die Entdeckung der Moneren herbeigeführt. Im Jahre 1864 beobachtete ich im Mittelmeer bei Nizza zum ersten Male einen einfachsten Organismus, dessen ganzer Körper nicht bloss während seiner Entwickelung, sondern auch in vollkommen entwickeltem und frei beweglichem Zustande aus einem homogenen und structurlosen Stückchen Protoplasma ohne Kern und ohne alle differenten Formtheile bestand. Dieser „Protogenes primordialis“ führte also zum ersten Male den Beweis, dass es noch einfachere Organismen, als die einzelligen giebt; Lebewesen, deren Körper noch nicht einmal den Formwerth einer einfachsten Zelle erreicht, sondern in sich so gleichartig und homogen erscheint, wie ein Krystall. Schon im folgenden Jahre (1865) wurden zwei ähnliche Organismen von Cienkowski im Süsswasser entdeckt und als Vampyrella und Monas (richtiger: Protomonas) beschrieben. Ich fasste darauf in der generellen Morphologie (Bd. I, S. 133; Bd. II, S. 22) diese niedersten Lebewesen, bei denen uns der lebendige Organismus „nicht nur unter der einfachsten wirklich beobachteten Form, sondern auch unter der einfachsten überhaupt denkbaren Form entgegentritt,“ unter dem Namen Moneren (oder „Einfache“) zusammen und wies auf die hohe Bedeutung hin, welche denselben gegenüber allen anderen Organismen zukommt. Alle anderen Lebewesen, alle Thiere und Pflanzen, und auch alle neutralen Protisten sind aus verschiedenartigen Bestandtheilen zusammengesetzt; selbst die einfachsten von ihnen, die einzelligen Formen, bestehen mindestens aus zwei verschiedenen Theilen, aus dem Protoplasma und dem davon umschlossenen Zellkern. Einzig und allein die Moneren entbehren einer solchen Zusammensetzung vollständig; ihr protoplasmatischer Körper, ein einfachstes lebendiges Schleimkügelchen, hat es noch nicht einmal zur Bildung eines Nucleus gebracht; sie sind in Wahrheit „Organismen ohne Organe“. Alle Functionen des Lebens, Ernährung und Fortpflanzung, Empfindung und Bewegung, werden von diesen Moneren ausgeführt, ohne dass irgend welche verschiedenen Theile für diese verschiedenen Thätigkeiten gesondert

sind. Jedes Theilchen kann Alles leisten, was das Ganze leistet. Mithin ist hier, wie beim Krystall, jedes kleinste Theilchen der homogenen chemischen Verbindung, jedes Molekül in physiologischer oder physikalisch-chemischer Beziehung gleich dem ganzen Körper. Daher stehen auch die Moneren auf der Grenze zwischen organischer und anorganischer, zwischen sogenannter „lebendiger und todter Natur". Daher können sie allein uns auch eine Vorstellung davon geben, wie ursprünglich die erstere aus der letzteren entstanden ist, sie allein können uns das grosse Problem der Entstehung des Lebens lösen. Nur Moneren konnten ursprünglich durch Selbstzeugung oder Autogonie aus anorganischer Materie entstehen (Gen. Morph. V. Capitel).

Die ausserordentlich hohe morphologische und physiologische Bedeutung, welche demgemäss den Moneren zukommt und welche ich schon 1866 in der generellen Morphologie hervorgehoben hatte, führte ich dann weiter aus in meiner Monographie der Moneren und den daran sich anschliessenden Beiträgen zur Plastiden-Theorie (1868). Besondere Veranlassung dazu gaben mir weitere Beobachtungen über einige neue Moneren, welche ich 1867 an der Küste der canarischen Insel Lanzerote und an der Strasse von Gibraltar anzustellen Gelegenheit hatte. Auch einige Süsswasser-Moneren, welche in der Nähe von Jena leben, und welche später u. A. von Kleinenberg untersucht wurden, lieferten weitere Beiträge zur Naturgeschichte dieser einfachsten Organismen. Als merkwürdigstes und wichtigstes von Allen trat dann die Moneren-Masse des Tiefseegrundes hinzu, welche Huxley 1868 unter dem Namen Bathybius beschrieb und welche neuerdings wieder (1874) von Bessels auf dem Tiefseegrunde des Nordpolar-Meeres, an der Küste von Grönland, lebend beobachtet und mit Bezug auf seine rhizopodenartigen Bewegungen untersucht wurde. Bei den früher beobachteten Moneren erscheint die gleichartige und formlose Protoplasma-Substanz des Körpers meistens in der Weise individualisirt, dass die einzelnen Klumpen derselben ein bestimmtes Grössenmaass durch Wachsthum erreichen, und erst, wenn dieses überschritten wird, durch Theilung in zwei oder mehrere Stücke zerfallen. Beim Bathybius hingegen ist noch nicht einmal dieser erste Anfang der Individuation zu bemerken; sein weicher formloser

Protoplasma-Leib, der in ungeheuren Massen die tiefsten Abgründe des Meeres bedeckt, erscheint noch nicht individualisirt; die einzelnen Stücke scheinen keine bestimmte Grösse zu erreichen und je nach Umständen sich zu vermehren, d. h. sie zerfallen in beliebige Stücke, je nachdem das Wachsthum an dieser oder an jener Anpassungs-Bedingung eine Grenze gefunden hat. (Vergl. „Kosmos", Bd. I, 1877: „Bathybius und die Moneren".)

Schon in der generellen Morphologie hatte ich darauf hingewiesen, dass die Moneren (und ebenso auch die sogenannten „kernlosen Zellen", die anderweitig vorkommen und auf die wir gleich zurückkommen werden) in die Grenzen der bisherigen Zellen-Theorie nicht mehr hineinpassen und dass diese nothwendig einer entsprechenden Erweiterung bedürfe. Denn wenn man den Begriff der „Zelle" auch noch so sehr beschränken und aller accessorischen Nebendinge, aller unwesentlichen Accidenzen entkleiden will, so bleibt doch zuletzt immer noch die Zusammensetzung aus zweierlei Theilen von verschiedener morphologischer und physiologischer Bedeutung übrig: äussere Zellsubstanz und innerer Zellkern. Die Moneren aber kennen diese Differenz, diese erste Sonderung des Elementar-Organismus noch nicht. Ihr Körper ist also eigentlich weder echtes Protoplasma, noch echter Nucleus; vielmehr ist seine homogene Masse eine eiweissartige Substanz, welche Beider Eigenschaften in sich vereinigt, sie ist gleichzeitig Zellsubstanz und Zellkern; daher wird sie am zweckmässigsten als Lebensstoff oder Bildungsstoff, als Plasson oder Bioplasson bezeichnet. Alle sogenannten „kernlosen Zellen" aber, alle Elementar-Organismen, deren activer Körper gleich dem der Moneren blos aus Plasson besteht, müssen wir von den echten, kernhaltigen Zellen trennen und diesen als Cytoden gegenübersetzen.

Solche Cytoden kommen auch im Entwickelungskreise anderer Organismen vor. So hat namentlich Eduard van Beneden zuerst gezeigt, dass die Keime der einzelligen Gregarinen in ihrer ersten Jugend ganz einfache Cytoden sind. Die Keimkügelchen derselben bestehen bloss aus homogenem Plasson und erst nachträglich erfolgt die Sonderung oder Differenzirung, durch welche der innere Zellkern sich vom äusseren Zellstoff scheidet. Das „Bildende" (Plasson) sondert oder differenzirt sich in das „Erst-

gebilde" (Protoplasma) und das „Kerngebilde (Cytoblastus). Weit wichtiger und interessanter aber noch ist die bedeutungsvolle Thatsache, dass auch jeder höhere Organismus im Beginne seiner individuellen Entwickelung vorübergehend auf der Cytoden-Stufe sich befindet. Entweder schon vor der Befruchtung oder unmittelbar nach derselben verliert die weibliche Eizelle ihren Kern. Der Befruchtungsact selbst besteht in der Verschmelzung dieser „kernlosen Eizelle" mit der männlichen Spermazelle oder Samenzelle. Auch der Kern der letzteren löst sich in der Mischung ganz oder doch grösstentheils auf. Das Product dieser Verschmelzung ist aber zunächst nicht eine echte Zelle, sondern eine Cytode. Da diese kernlose Cytode, mit der eigentlich erst der erzeugte Organismus seine individuelle Existenz beginnt, nach dem biogenetischen Grundgesetze eine durch Vererbung bedingte Wiederholung der uralten Moneren-Stammform ist, so habe ich diese entsprechende Keimform als „Monerula" bezeichnet. Erst nachträglich sondert sich das Plasson dieser Monerula wieder in zwei verschiedene Substanzen; ein Theil der inneren Moleküle gestaltet sich zum Zellkern (Nucleus) und sondert sich von der umgebenden Zellsubstanz (Protoplasma); so entsteht aus der ersten Cytode die erste Zelle. Offenbar sind sowohl die Lebenserscheinungen jener selbstständigen Moneren als auch diese ersten histologischen Sonderungs-Vorgänge bei der individuellen Entwickelung der höheren Organismen von fundamentaler Bedeutung. Ebenso die Physiologie wie die Morphologie, ebenso die Phylogenie wie die Ontogenie können daraus die wichtigsten Schlüsse ziehen. Denn sie zeigen uns erstens, wie das Leben anfänglich mit der Bildung einer homogenen, form- und structurlosen Masse beginnt, die in sich so gleichartig ist, wie ein Krystall; sie erläutern uns zweitens, wie eine solche Cytode trotz des Mangels aller Organe doch sämmtliche „Lebens-Erscheinungen": Ernährung und Fortpflanzung, Empfindung und Bewegung zu vollziehen im Stande ist; sie liefern uns damit drittens den klaren Beweis, dass das „Leben" auch im engeren Sinne nicht an einen bestimmt geformten und morphologisch gesonderten Körper mit verschiedenen Organen, sondern an eine formlose Substanz von bestimmter physikalischer Beschaffenheit und chemischer Zusammensetzung gebunden ist;

und sie lehren uns viertens, wie eine solche, bloss aus Plasson bestehende Cytode sich durch Sonderung von Kern und Protoplasma in eine echte „Zelle" verwandeln kann.

Für die Zellen-Theorie ergiebt sich daraus zunächst der wichtige Folgeschluss, dass die „Zelle" nicht, wie man gewöhnlich annahm, der einfachste, älteste und niederste Elementar-Organismus ist, sondern dass der echten, kernhaltigen „Zelle" die niedere, kernlose „Cytode" vorausgehen muss. Cytoden und Zellen sind die beiden Hauptformen der „Elementar-Organismen" oder „Lebenseinheiten". Mit der Cytode, bloss aus Plasson bestehend, hat das organische Leben auf unserem Erdball begonnen; indem sich aus diesem später Protoplasma und Nucleus sonderte, entstand die Zelle. Die Cytode ist die erste und niedere, die Zelle die zweite und höhere Form der Lebens-Einheit. Beide zusammen habe ich in der generellen Morphologie kurz als Bildnerinnen oder Plastiden bezeichnet; denn sie allein sind in Wahrheit die plastischen Künstlerinnen, welche durch ihre Thätigkeit das ganze wundervolle Gebäude des organischen Lebens errichten. Alle organischen Formen verdanken allein der bildenden Thätigkeit der mikroskopischen Plastiden ihre Existenz. So erweitert sich die Zellen-Theorie zur Plastiden-Theorie. (Vergleiche meine biologischen „Studien über Moneren und andere Protisten". 1870.)

Wenn demnach jetzt der weitere Begriff der Plastide an die Stelle des engeren Zellenbegriffes tritt, und wenn somit das ganze geheimnissvolle Problem des „Lebens" auf die elementare chemische Thätigkeit des Plasson zurückgeführt wird, so muss unsere nächste Aufgabe sein, eine möglichst erschöpfende Kenntniss von der Natur dieses wichtigsten „Lebensstoffes", dieser wahren „physikalischen Lebens-Grundlage" zu erlangen. Zunächst erscheint hier die Chemie berufen, uns Aufschlüsse über die quantitative Zusammensetzung und die qualitativen chemischen Eigenschaften des Plasson zu geben. Leider steht aber unsere chemische Kenntniss des Plasson in umgekehrtem Verhältniss zu seiner ausserordentlichen Bedeutung. Nicht, dass es an zahlreichen und emsigen Versuchen gefehlt hätte, die räthselhaft chemische Constitution der zahlreichen Modificationen des Plasson, des Protoplasma und des

Nucleus zu entschleiern. Aber die Schwierigkeiten, die sich diesen Versuchen entgegenstellen, sind ganz ungewöhnliche und zum Theil unüberwindliche. Zunächst ist es schon unmöglich, irgend ansehnliche Quantitäten von Plasson in chemisch reinem Zustande zu isoliren und zu untersuchen, weil sowohl das einfache Plasson der Cytoden, als das Protoplasma und der Nucleus der Zellen mit anderen, von ihnen gebildeten Substanzen zu innig gemengt und in einzelnen kleinen Quantitäten überall zwischen die anderen Gewebstheile (z. B. Zell-Membranen, Intercellularsubstanzen) eingestreut und verwebt sind. Sodann sind aber auch die sämmtlichen Plasson-Modificationen in noch höherem Maasse, als die nächstverwandten übrigen Eiweisskörper, zersetzlich und veränderlich. Und was vor Allem in Betracht zu ziehen ist, die Modificationen und Varietäten der Plasson-Körper sind zwar unendlich zahlreich und mannigfaltig, schwanken aber doch innerhalb verhältnissmässig geringer Breitegrade in Bezug auf die quantitative Zusammensetzung. Die groben und rohen Erkenntnissmittel der heutigen Chemie sind der Lösung einer so feinen und schwierigen Aufgabe nicht entfernt gewachsen. Jene grenzenlose Variabilität aber, in Verbindung mit ihrer leichten Zersetzbarkeit und mit der Beweglichkeit der Atome in den Plasson-Molekülen, ist von der grössten Bedeutung für die Entwickelungslehre. Denn sie erklärt uns, wie das Plasson durch die unendlich mannigfaltigen physikalisch-chemischen Einwirkungen der Aussenwelt, die bei der Ernährung stattfinden, unendlich mannigfaltige leichte Abänderungen erleiden und demgemäss die verschiedensten organischen Formen hervorbringen kann.

Vom physiologisch-chemischen Gesichtspunkte aus ist es daher gestattet, die sämmtlichen Plasson-Körper als eine einzige grosse Gruppe nächstverwandter Verbindungen anzusehen und als Plasson-Gruppe zusammenzufassen. In dieser würden vielleicht zu unterscheiden sein: 1. das Archiplasson als die älteste, unmittelbar durch Autogonie ursprünglich entstandene „Lebenssubstanz"; 2. das Monoplasson als die Körpersubstanz der heute noch lebenden Cytoden, die wahrscheinlich von jenem Archiplasson mehr oder minder abweicht; 3. das Protoplasma oder die eigentliche „Zellsubstanz" und 4. das Nuclein oder

Coccoplasma, die Kernsubstanz, wie man die gesammte, chemisch-differente, stoffliche Grundlage des Zellenkerns oder Nucleus nennen kann. Obwohl unter sich nächst verwandt und durch die innigsten Beziehungen verbunden, erscheinen dennoch Protoplasma und Coccoplasma wesentlich verschieden und besitzen charakteristische, zum Theil entgegengesetzte Eigenschaften, welche in dem Archiplasson und Monoplasson noch nicht gesondert sind.

Alles Wesentliche nun, was wir bisher von der Plasson-Gruppe wissen, lässt sich in folgenden Sätzen zusammentassen. Die Plasson-Gruppe bildet einen Theil der grösseren Gruppe der Eiweissstoffe (Protein-Körper oder Albuminate). Gleich den übrigen Eiweiss-Körpern sind auch die Plasson-Körper durch ausserordentlich verwickelte atomistische Zusammensetzung ausgezeichnet. Immer sind mindestens fünf Elemente in jedem Molekül vereinigt und zwar durchschnittlich in folgender procentischer Zusammensetzung: 52—55 Procent Kohlenstoff, 6—7 Procent Wasserstoff, 15—17 Procent Stickstoff, 21—23 Procent Sauerstoff und 1—2 Procent Schwefel. Die Art und Weise, in welcher die Atome dieser Elemente in jedem Plasson-Molekül zur Bildung einer chemischen Einheit zusammentreten, ist offenbar eine höchst verwickelte und eigenthümliche, und steht in directem Causal-Zusammenhang mit den Lebenseigenschaften dieser wichtigsten Verbindung. Denn die Summe von physikalischen und chemischen Processen, welche wir mit einem Worte „Leben" nennen, ist offenbar in letzter Instanz durch die Molecular-Structur des Plasson bedingt, und diese ist wiederum nach unserer Kohlenstoff-Theorie zurückzuführen auf die einzigen und höchst merkwürdigen Fähigkeiten des Kohlenstoffs, mit den anderen genannten Elementen die verwickeltsten und zersetzlichsten Verbindungen einzugehen. Mit vollem Rechte hat die neuere Chemie die gesammte Lehre von den sogenannten „organischen" Stoffen oder die früher sogenannte „organische Chemie" prägnant als „die Chemie der Kohlenstoff-Verbindungen" bezeichnet. Mit demselben Rechte aber betrachte ich die chemische und physikalische Natur des Kohlenstoffs als die letzte Ursache der Eigenthümlichkeiten, durch welche sich die Organismen von den Anorganen unterscheiden, oder

mit einem Worte als den letzten Grund des „Lebens“. Wenn man diese „Kohlenstoff-Theorie“ als ein willkürliches und phantastisches Dogma verwirft, so leugnet man damit den Causal-Zusammenhang zwischen der chemischen Constitution des Plasson und den physikalischen Vorgängen, die wir mit einem Worte als dessen „Lebensthätigkeit“ bezeichnen.

Unter den physikalischen Eigenschaften des Plasson ist vor allen sein starkes Quellungs-Vermögen oder die Imbibitionskraft hervorzuheben, die Fähigkeit, Wasser in wechselnder und oft höchst beträchtlicher Quantität aufzunehmen und gleichmässig zwischen seinen Molekülen zu vertheilen. Daraus resultirt der eigenthümliche, weiche Dichtigkeitszustand aller lebenden Gewebe, den wir als den festflüssigen Aggregatzustand bezeichnen. Er erscheint als eine nothwendige Vorbedingung aller der verwickelten Molekularbewegungen, als deren Gesammtresultat das „Leben“ sich darstellt. Die Leichtigkeit, mit welcher das Plasson unter verschiedenen äusseren Existenz-Bedingungen Wasser und wässerige Lösungen aufnimmt und abgiebt, ist dabei von besonderer Bedeutung, und nicht minder die ausserordentliche Neigung der meisten Plasson-Arten, sich mit anderen Kohlenstoffverbindungen (z. B. mit Fetten) sowie mit Salzen zu vermengen. Offenbar beweisen diese und viele andere Eigenthümlichkeiten der Plasson-Gruppe, dass wir es hier mit Kohlenstoffverbindungen zu thun haben, deren Moleküle sich durch eine ganz ungewöhnliche Beweglichkeit und Unbeständigkeit, Zersetzbarkeit und vielseitige Wahlverwandtschaft vor allen anderen auszeichnen. Diese „Plasson-Moleküle“ sind es ja überhaupt, welche sich bei jeder tieferen Untersuchung jener elementaren Verhältnisse in den Vordergrund drängen und welche wir auch bei unserer Perigenesis als die eigentlichen activen Elementar-Factoren auf das Genaueste in's Auge zu fassen haben.

Die Plasson-Moleküle oder die Plastidule, wie wir sie mit Elsberg kurz bezeichnen wollen, besitzen zunächst alle die Eigenschaften, welche die Physik den hypothetischen Molekülen oder den „zusammengesetzten Atomen“ überhaupt zuschreibt. Mithin ist ein jedes Plastidul nicht weiter in kleinere Plastidule zerlegbar, sondern kann nur noch in seine constituirenden Atome zerlegt werden, und zwar in Atome jener fünf

vorher genannten Elemente. Die Plastidule sind wahrscheinlich stets von Wasserhüllen umgeben und die grössere oder geringere relative Dicke dieser Wasserhüllen, die zugleich die benachbarten Plastidule scheiden und verbinden, bedingt den weicheren oder festeren Zustand des gequollenen Plasson. Wahrscheinlich sind die Plastidule so klein, dass das kleinste Plasson-Stück, welches wir noch mit Hülfe unserer schärfsten Mikroskope erkennen können, ungeheure Mengen von Plastidulen enthält. Was vom ursprünglichen einfachen Plasson oder „Archiplasson", das gilt natürlich auch im Allgemeinen von dem Protoplasma und dem Coccoplasma, welche durch Sonderung aus ersterem entstanden sind. Man kann der Kürze halber die Protoplasma-Moleküle als „Plasmodule" und die Nucleus-Moleküle als „Coccodule" bezeichnen. Dieselben physikalischen Eigenschaften und physiologischen Functionen, welche im homogenen Plasson der Cytoden die gleichartigen Plastidule zeigen, dieselben finden wir in den Zellen auf die Plasmodule und die Coccodule vertheilt. Die Plasmodule und Coccodule sind ja erst durch Sonderung oder Differenzirung aus den Plastidulen entstanden.

Ausser den allgemeinen physikalischen Eigenschaften, welche die heutige Physik und Chemie den Molekülen der Materie im Allgemeinen zuschreibt, besitzen nun die Plastidule noch besondere Attribute, welche ihnen ausschliesslich eigenthümlich sind, und das sind, ganz allgemein gesagt, die Lebens-Eigenschaften, durch welche sich überhaupt das Lebendige vom Todten, das Organische vom Anorganischen in der hergebrachten Anschauung unterscheidet. Jede genauere und tiefer gehende Vergleichung der Organismen und der Anorgane, die sich auf die breite empirische Basis der neuerdings ermittelten Thatsachen stützt, vor Allem die unbefangene Vergleichung der Moneren und der Krystalle, lehrt uns nun aber, dass die Kluft zwischen diesen beiden Hauptgruppen von Naturkörpern viel geringer ist, als man gewöhnlich annimmt. Ich kann in dieser Beziehung auf die ausführliche Vergleichung der Organismen und Anorgane verweisen, welche ich im fünften Capitel der generellen Morphologie gegeben habe (Bd. I, S. 111—166). Viele Eigenschaften, welche die hergebrachte oberflächliche Naturauffassung nur den Organismen zuschreibt,

kommen eben so gut auch den Anorganen zu und sind in der That Gemeingut aller Naturkörper — oder um uns genauer auszudrücken: Gemeingut aller Atome, aller der kleinsten discreten Körpertheilchen, welche die neuere Chemie einstimmig als die letzten Bestandtheile aller Körper betrachtet.

Gleichviel, wie im Einzelnen auch die Ansichten der Chemiker und Physiker über die Natur der Atome und des zwischen den Massen-Atomen befindlichen Aethers auseinander gehen, gewisse elementare Ansichten über ihre nothwendige Beschaffenheit haben heute allgemeine Geltung erlangt. Wir müssen darnach annehmen, dass die Atome kleinste discrete Massen-Theilchen von unveränderlicher Beschaffenheit und durch den hypothetischen Aether von einander getrennt sind. Jedes Atom besitzt eine inhärente Summe von Kraft und ist in diesem Sinne „beseelt". Ohne die Annahme einer „Atom-Seele" sind die gewöhnlichsten und allgemeinsten Erscheinungen der Chemie unerklärlich. Lust und Unlust, Begierde und Abneigung, Anziehung und Abstossung müssen allen Massen-Atomen gemeinsam sein; denn die Bewegungen der Atome, die bei Bildung und Auflösung einer jeden chemischen Verbindung stattfinden müssen, sind nur erklärbar, wenn wir ihnen Empfindung und Willen beilegen. Worauf anders beruht denn im Grunde die allgemein angenommene chemische Lehre von der Wahlverwandtschaft der Körper, als auf der unbewussten Voraussetzung, dass in der That die sich anziehenden und abstossenden Atome von bestimmten Neigungen beseelt sind, und dass sie, diesen Empfindungen oder Trieben folgend, auch den Willen und die Fähigkeit besitzen, sich zu einander hin und von einander fort zu bewegen? Was Goethe in seinen „Wahlverwandtschaften" über diese Verhältnisse sagt und von dem elementaren Seelenleben der Atome auf das höchst zusammengesetzte Seelenleben des Menschen überträgt, das besitzt volle Wahrheit; und wenn in diesem classischen Roman die „Wahlverwandtschaft" als die eigentliche Triebfeder der menschlichen Handlungen und der aus ihnen zusammengesetzten „Weltgeschichte" hingestellt wird, so ist damit von dem grossen Denker und Dichter in tiefsinnigster Weise die mechanische Natur auch der verwickeltsten organischen Processe treffend angedeutet.

Wenn der „Wille“ des Menschen und der höheren Thiere frei erscheint, im Gegensatz zu dem „festen“ Willen der Atome, so ist das eine Täuschung, hervorgerufen durch die höchst verwickelte Willensbewegung der ersteren im Gegensatze zu der höchst einfachen Willensbewegung der letzteren. Die Atome wollen überall und jederzeit Dasselbe, weil ihre Neigung dem Atom jedes anderen Elementes gegenüber eine constante und unabänderlich bestimmte ist; jede ihrer Bewegungen ist daher determinirt. Hingegen erscheint die Neigung und willkürliche Bewegung der höheren Organismen frei und unabhängig, weil in dem unaufhörlichen Stoffwechsel derselben die Atome beständig ihre gegenseitige Lage und Verbindungsweise verändern, und daher das Gesammtresultat aus den zahllosen Willensbewegungen der constituirenden Atome ein höchst zusammengesetztes und unaufhörlich wechselndes ist. Daher sind wir „ein Spiel von jedem Druck der Luft“.

Indem wir so von dem mechanischen Standpunkte des Monismus aus alle Materie als beseelt, jedes Massen-Atom mit einer constanten und ewigen Atom-Seele ausgerüstet uns vorstellen, fürchten wir nicht den Vorwurf des Materialismus auf uns zu laden. Denn dieser unser monistischer Standpunkt ist ebenso weit von einseitigem Materialismus, wie von leerem Spiritualismus entfernt. Ja wir können in ihm allein die Versöhnung der rohen atomistischen und der inhaltsleeren dynamischen Weltanschauung finden, die sich bisher so heftig bekämpft haben und die in ihrer Einseitigkeit Beide dualistisch sind. Wie die Masse des Atoms unzerstörbar und unveränderlich, so ist auch die damit untrennbar verbundene Atom-Seele ewig und unsterblich. Vergänglich und sterblich sind nur die zahllosen und ewig wechselnden V e r b i n d u n g e n der Atome, die unendlich mannigfaltigen Modalitäten, in denen sich die Atome zur Bildung von Molekülen, die Moleküle zur Bildung von Krystallen und Plastiden, die Plastiden zur Bildung von Organismen vereinigen. Diese monistische Auffassung der Atome allein ist in Einklang mit den grossen Gesetzen von der „Erhaltung der Kraft“ und von der „Erhaltung des Stoffes“, welche die Naturphilosophie der Gegenwart mit Recht als ihre unveräusserlichen Fundamente betrachtet.

Wenn wir demnach alle Materie als beseelt, jedes Atom mit Empfindung und Willen begabt uns vorstellen, so können wir diese beiden Eigenschaften nicht mehr, wie es gewöhnlich geschieht, als ausschliessliche Vorzüge der Organismen betrachten. Wir müssen also nach anderen Eigenschaften suchen, welche die Organismen von den Anorganen, die Plastidule von den übrigen Molekülen unterscheiden und welche das Wesen des „Lebens" im engeren Sinne bilden. Als wichtigste dieser Eigenschaften erscheint uns die Fähigkeit der Reproduction oder des Gedächtnisses, welche bei jedem Entwickelungs-Vorgang und namentlich bei der Fortpflanzung der Organismen wirksam ist. Alle Plastidule besitzen Gedächtniss; diese Fähigkeit fehlt allen anderen Molekülen.

In einer ausgezeichneten, ebenso tief durchdachten als klar geschriebenen Abhandlung „über das Gedächtniss als eine allgemeine Function der organisirten Materie" hat 1870 Ewald Hering dieses wichtige Verhältniss so vortrefflich erörtert, dass wir hier auf eine eingehende Begründung desselben verzichten und uns einfach auf jene Abhandlung beziehen können. In der That überzeugt uns jedes tiefere Nachdenken, dass ohne die Annahme eines unbewussten Gedächtnisses der lebenden Materie die wichtigsten Lebensfunctionen überhaupt unerklärbar sind. Das Vermögen der Vorstellung und Begriffbildung, des Denkens und Bewusstseins, der Uebung und Gewöhnung, der Ernährung und Fortpflanzung beruht auf der Function des unbewussten Gedächtnisses, dessen Thätigkeit unendlich viel bedeutungsvoller ist, als diejenige des bewussten Gedächtnisses. Mit Recht sagt Hering, „dass es das Gedächtniss ist, dem wir fast Alles verdanken, was wir sind und haben".

Nur in einem Punkte müssen wir von der Darstellung Hering's abweichen oder vielmehr dieselbe schärfer begrenzen. Wir dürfen das Gedächtniss nicht als eine allgemeine Function aller organisirten Materie bezeichnen, sondern nur der wirklich lebenden, des Plasson. Alle Plasson-Producte, alle vom Protoplasma und vom Nucleus gebildeten, selbst aber nicht activ thätigen, organisirten Theile des Organismus entbehren des Gedächtnisses, eben so wie alle anorganischen Materien. Genau genommen ist also, unserer Plastiden-Theorie entsprechend,

nur die Gruppe der Plasson-Körper mit Gedächtniss begabt: nur die Plastidule sind reproductiv, und dieses unbewusste Gedächtniss der Plastidule bedingt die charakteristische Molecularbewegung derselben.

Die Unterschiede, welche das Gedächtniss oder die Reproductionskraft der Plastidule zwischen Organismen und Anorganen bedingt, äussern sich zunächst in der verschiedenen Art ihres Wachsthums und diese ist offenbar durch ihren differenten Aggregatzustand bedingt. Die Anorgane wachsen durch Apposition oder durch äussere Anlagerung der Moleküle, hingegen die Organismen durch Intussusception oder durch innere Einlagerung der Moleküle. Die vollkommenste anorganische Individualität, der Krystall, wächst, indem sich Theilchen an Theilchen äusserlich an den festen, schon bestehenden Krystallkörper ansetzt. Die unvollkommenste organische Individualität, das Moner, wächst, indem Theilchen für Theilchen von aussen in das Innere hineindringt und von dem festflüssigen Plassonkörper „assimilirt“ wird. Diese Assimilation beruht darauf, dass zwischen den vorhandenen Plastidulen stets neue Plastidule aus den aufgenommenen Nährflüssigkeiten gebildet werden. Der festflüssige Aggregat-Zustand der organischen Materie ist die Vorbedingung dieses eigenthümlichen Wachsthums, und die Molecular-Structur der Kohlenstoff-Verbindungen ihre wahre Ursache. Dieses Wachsthum durch Intussusception, welches allen Organismen zukommt und allen Anorganen fehlt, erklärt auch zugleich die Ernährung und den Stoffwechsel, durch welches sich die ersteren von den letzteren unterscheiden. Dieses Wachsthum durch Intussusception bedingt endlich vor Allem diejenige „Lebens-Erscheinung“, die als der wichtigste Factor der organischen Entwickelung sich geltend macht und die wir daher zunächst besonders betrachten müssen: Die Fortpflanzung und die damit zusammenhängende Vererbung.

Unstreitig ist es die Fortpflanzung, welche vor allen anderen Funktionen die Organismen gegenüber den Anorganen charakterisirt. Denn durch die Fortpflanzung allein, durch die Vererbung die wir nur als eine nothwendige und integrirende Theilerscheinung der Fortpflanzung betrachten, wird die Erhaltung der organischen Arten und Stämme möglich, die in der

zusammenhängenden Kettenreihe der Generationen trotz des beständigen Wechsels der Individuen bestehen bleiben. Indem kein Anorgan der Fortpflanzung fähig ist, fehlt der anorganischen Natur überhaupt die Stammesgeschichte, die Phylogenie, welche die organische Welt charakterisirt. Die Fortpflanzungslehre oder die Gonologie ist daher der nothwendige Ausgangspunkt für das Verständniss der Phylogenie.

Was ist Fortpflanzung? Um zu einer richtigen Antwort auf diese wichtige Frage zu gelangen, müssen wir uns vor Allem der gewöhnlichen Anschauung entäussern, als ob die Verbindung der beiden Geschlechter der wichtigste und nothwendigste Vorgang der Fortpflanzung sei. Diese Anschauung, welche sich auf die gewöhnliche Fortpflanzungsweise der Personen beim Menschen und bei den höheren Thieren und Pflanzen gründet, erscheint vollkommen verkehrt, sobald wir an die unendlich häufigeren ungeschlechtlichen Fortpflanzungs-Processe denken, die überall und jederzeit bei der Vermehrung der Plastiden stattfinden. Im Grossen und Ganzen betrachtet, erscheint die geschlechtliche oder amphigone Fortpflanzung mit ihren sonderbaren Eigenthümlichkeiten nur als ein besonderer Fall unter der Menge von Vorgängen, welche wir als Fortpflanzung oder Elternzeugung zusammenfassen und welche zum bei weitem grössten Theile ungeschlechtlich erfolgen. Alle die zahllosen Milliarden von Zellen, welche den Körper jedes höheren Thieres, jeder höheren Pflanze zusammensetzen, entstehen nicht durch geschlechtliche, sondern durch ungeschlechtliche Zeugung, durch Theilung. Alle oder doch die Meisten von den zahlreichen einzelligen Wesen, die auf der Grenze von Thierreich und Pflanzenreich stehen, und die wir als Protisten zusammenfassen, vermehren sich nicht durch geschlechtliche, sondern durch ungeschlechtliche Zeugung. Aber auch viele höhere Thiere und Pflanzen, die sich der geschlechtlichen Zeugung erfreuen, vermehren sich daneben auf ungeschlechtlichem Wege, durch Theilung, Knospenbildung, Sporenbildung. Bedenken wir, wie überall und jederzeit Unmassen von Plastiden zu Grunde gehen und von neuen, durch Theilung und Knospung entstandenen ersetzt werden, so liegt es auf der Hand, dass die ungeschlechtliche Fortpflanzung die allgemeine Regel und die geschlechtliche eine verhältnissmässig

seltene Ausnahme bildet. Gewiss werden wir eher zu Wenig als zu Viel behaupten, wenn wir annehmen, dass durchschnittlich auf jeden einzelnen geschlechtlichen Zeugungs-Act in der Natur mehr als Tausend, wahrscheinlich mehr als eine Million ungeschlechtliche Zeugungs-Acte kommen.

Nun sind es aber gerade die einfachsten Formen der ungeschlechtlichen oder monogonen Fortpflanzung, vor allen die Theilung, demnächst die Knospenbildung, welche uns die klarsten Aufschlüsse über das Wesen der Fortpflanzung überhaupt geben und zum Verständniss der viel schwierigeren und verwickelteren geschlechtlichen Fortpflanzung hinführen. Von jenen einfachsten Formen der Monogonie ausgehend, finden wir auf unsere Frage die einfachste Antwort: *Fortpflanzung ist Wachsthum des Individuums über sein individuelles Maass hinaus.* Wenn eine einfachste Plastide, ein homogenes Moner, bis zu einer gewissen Grösse herangewachsen ist, so zerfällt der structurlose Plasson-Körper bei fortdauerndem Wachsthum in zwei gleiche Hälften, weil die Cohaesion der Plastidule nicht mehr ausreicht, um die ganze Masse zusammenzuhalten.

Ebenso beruht jede gewöhnliche Zellentheilung wesentlich auf einem fortgesetzten Wachsthum über das individuelle Maass dieser Zelle hinaus. Die merkwürdigen Einzelheiten des Vorganges, durch den hier aus einer Mutterzelle zwei gleiche Tochterzellen entstehen, sind aber erst in neuester Zeit durch *Auerbach*, *Bütschli*, *Hertwig* und *Strasburger* gründlicher studirt worden. Dass in diesen Fällen die beiden unter sich gleichen Tochterzellen die Natur ihrer gemeinsamen Mutterzelle geerbt haben, erscheint selbstverständlich; denn sie sind ja gleiche Theilhälften derselben und die Molecular-Bewegung der Plastidule muss in den ersteren wesentlich dieselbe sein, wie in der letzteren. Die Vererbung erscheint hier als eine einfache und nothwendige Folge der Theilung; und zugleich offenbart sie hier den tiefsten Grund ihres Wesens: die *Vererbung ist Uebertragung der Plastidul-Bewegung*, Fortpflanzung der individuellen Molecular-Bewegung der Plastidule von der Mutter-Plastide auf die Tochter-Plastide.

Nun sind aber die Bedingungen, unter denen die beiden gleichen Theilhälften ihr individuelles Leben weiterführen, immer

mehr oder weniger verschieden; insbesondere sind die verwickelten Verhältnisse, welche der Kampf um's Dasein für die Plastiden ebenso wie für die ganzen vielzelligen Organismen bedingt, fast immer für jedes Individuum besondere. Indem diese besonderen Existenz-Bedingungen auf den elementaren Organismus einwirken, verändern sie seine ursprüngliche Ernährung und bewirken eine theilweise Abänderung der ursprünglichen Plastidul-Bewegung; diese Abänderung oder Variation nennen wir mit einem Worte: Anpassung. Die Anpassung ist Abänderung der Plastidul-Bewegung, in deren Folge die Plastide neue Eigenschaften erwirbt. Wenn nun späterhin die beiden, durch Theilung einer Plastide entstandenen Tochter-Plastiden wiederum herangewachsen sind und nach Ueberschreitung ihrer individuellen Wachsthumsgrenze abermals durch Theilung in je Zwei zerfallen, so werden diese vier Enkel schon nicht mehr so gleichartig sein, wie ihre beiden Mutter-Plastiden. Zwar werden sie von diesen noch den grössten Theil der Eigenschaften geerbt haben, welche Beide von der Grossmutter überkommen hatten. Daneben wird sich aber auch schon ein Theil der Eigenthümlichkeiten geltend machen, welche jede der beiden Mütter während ihres individuellen Lebens erworben hatte, und endlich wird jede der vier Enkelinnen selbst wieder neue Eigenheiten im Laufe ihrer individuellen Existenz erwerben. Wie gering und unbedeutend nun auch diese neuen Erwerbungen in jedem einzelnen Falle erscheinen mögen, so ist es doch klar, dass sie schliesslich in der langen Kette zahlreicher Generationen sich zu sehr beträchtlichen Abweichungen der Plastidul-Bewegung von derjenigen der ursprünglichen Stammform anhäufen und summiren können.

Die Vererbung der Abänderungen, auf welcher die ganze Stammes-Entwickelung beruht, äussert also schon im Plastiden-Leben ihre volle Wirksamkeit, und erzeugt eine unendliche Menge von individuell verschiedenen Plastidul-Bewegungen; und jede spätere Plastidul-Bewegung — oder mit anderen Worten das Leben jeder späteren Plastide, sei es Cytode oder Zelle — setzt sich demnach zusammen einerseits aus der überwiegenden Reihe der alten Plastidul-Bewegungen, welche durch Vererbung getreu von Generation zu Generation sich erhalten haben, an-

dererseits aus einem geringen Antheil von neuen Plastidul-Bewegungen, welche durch Anpassung erworben wurden. (Vergl. das Titelbild nebst Erklärung auf S. 80.) Alle diese Abänderungen der Plastidule sind natürlich durch Umlagerungen der Atome in denselben bedingt; und bei der unendlich verwickelten und mannigfaltigen atomistischen Zusammensetzung der Plastidule, bei ihrer ausserordentlichen Unbeständigkeit und Neigung zur Zersetzung wird sich hier der Anpassung ein unbeschränktes Feld zur Hervorbringung neuer Formen öffnen.

Indem wir so Lamarck's Lehre von der Vererbung der Abänderungen — dieser wichtigsten Voraussetzung von Darwin's Selections-Theorie — von den grossen vielzelligen Thieren und Pflanzen, an denen sie uns handgreiflich vor Augen tritt, auf die Plastiden (Cytoden nnd Zellen) und von diesen wiederum auf die sie zusammensetzenden Plastidule übertragen, machen wir natürlich auch für diese letzteren die Consequenzen geltend, welche für die ersteren sich aus der Selections-Theorie ergeben. Offenbar herrscht „der Kampf um's Dasein unter den Molekülen", den Pfaundler 1870 zuerst beleuchtete, im eigentlichsten Sinne und vor allen unter den activen Plastidulen. Diejenigen Plastidule, welche den äusseren Existenz-Bedingungen sich am besten anpassen, d. h. welche das von aussen eindringende flüssige Nahrungsmaterial am leichtesten aufnehmen und die dadurch bedingte Umlagerung ihrer Atome am bereitwilligsten vollziehen, werden natürlich die stärkste Assimilation ausüben und so bei der Fortpflanzung der Plastiden das Uebergewicht erlangen.

Die nächste Folge der natürlichen Züchtung im Kampfe um's Dasein ist die zunehmende Sonderung oder Differenzirung der Formen, welche Darwin als „Divergenz des Charakters" bezeichnet. Ihre bekannteste Form ist die Arbeitstheilung oder der Polymorphismus der Personen. Bekanntlich liefert die Arbeitstheilung im Menschenleben den wichtigsten Maassstab für die erreichte Culturstufe und dasselbe gilt von den merkwürdigen Culturstaaten der Ameisen, Bienen, Termiten u. s. w. Ferner zeigt uns die vergleichende Anatomie, wie die physiologische „Vollkommenheit" oder die Entwickelungshöhe jedes höheren Thieres und jeder höheren Pflanze durch die Arbeits-

theilung ihrer Organe bedingt ist. Die verwickelte Maschinerie, welche z. B. das höhere Wirbelthier mit seinen Nerven und Sinnesorganen, Muskeln und Knochen, Darm- und Blutgefässen, Drüsen und Geschlechtsorganen bildet, ist durch die ausserordentlich weit vorgeschrittene, aber im Kampf um's Dasein stufenweis und langsam erworbene Arbeitstheilung dieser Organe und ihrer einzelnen Stücke bestimmt.

Nun beruht aber die Arbeitstheilung der Organe wiederum auf derjenigen der Plastiden, der Cytoden und Zellen. Die verschiedenen Gewebe, welche jenen Organen ihre physiologischen Eigenthümlichkeiten verleihen, sind aus verschiedenen Zellenarten zusammengesetzt, aus Nervenzellen, Muskelzellen, Knochenzellen, Drüsenzellen, Darmzellen, Geschlechtszellen u. s. w. Wie alle diese verschiedenen Zellen-Species durch Arbeitstheilung aus einer einzigen, einfachen, ursprünglichen Zellenform phylogenetisch entstanden sind, das zeigt uns noch heute die individuelle Entwickelung jedes höheren Thier-Eies. Denn die befruchtete Eizelle zerfällt zunächst durch wiederholte Theilung in eine grosse Anzahl von ganz einfachen gleichartigen Zellen. Aus diesen „Morula-Zellen" gehen dann die beiden primären Keimblätter der Gastrula hervor, und diese Sonderung in zwei verschiedene Zellenschichten ist der erste Anfang der histologischen Arbeitstheilung. Indem dann die Zellen des äusseren Keimblattes oder die Exoderm-Zellen weiterhin in Hautzellen, Nervenzellen, Muskelzellen u. s. w. sich sondern, und indem aus den Zellen des inneren Keimblattes oder den Entoderm-Zellen durch Differenzirung die Darmzellen, Drüsenzellen u. s. w. entstehen, erfolgt die Gewebebildung oder die histologische Differenzirung, auf der die Ausbildung der verschiedenen Organe beruht. Aber die ontogenetische Arbeitstheilung der Zellen, wie wir sie so an jedem Thier-Ei Schritt für Schritt unter dem Mikroskop verfolgen können, ist nur die rasche, nach dem biogenetischen Grundgesetze erfolgende Wiederholung der langsamen phylogenetischen Gewebebildung, wie sie durch die active Arbeitstheilung der Zellen ursprünglich bedingt wurde.

Wie ist nun aber diese Arbeitstheilung der Plastiden möglich? Offenbar nur durch die bedingende Arbeitstheilung der Plastidule. Denn ganz in derselben Weise und ganz nach

denselben Gesetzen, nach denen der Culturstaat durch die Arbeitstheilung der Staatsbürger, die hohe Organisation des menschlichen Körpers durch diejenige seiner Organe und diese wieder durch die Arbeitstheilung der sie zusammenzetzenden Zellen bedingt ist, ganz in derselben Weise wird auch diese letztere durch die Arbeitstheilung der Plastidule bewirkt und ganz nach denselben Gesetzen ist auch diese durch die Wechselwirkung von Vererbung und Anpassung im Kampfe um's Dasein entstanden. Die morphologischen und physiologischen Eigenthümlichkeiten, durch welche jede Nervenzelle, jede Muskelzelle, jede Darmzelle u. s. w. als solche charakterisirt ist, sind einzig und allein dadurch bedingt, dass ihre constituirenden Plastidule sich mehr oder weniger gesondert oder differenzirt und so verschiedene Plasson-Arten hervorgebracht haben. Wie verwickelt und wie verschiedenartig aber auch die Molecular-Structur des Plasson und seine Verbindung mit verschiedenartigen Plasson-Producten in den genannten Zellen-Arten sein mag, dennoch stammen sie nachweislich alle von den gleichartigen Morula-Zellen ab, wie diese von der befruchteten Eizelle. Die phylogenetische ursprüngliche Arbeitstheilung der Plastidule wird so nach dem biogenetischen Grundgesetze noch heute in der ontogenetischen Differenzirung der Plastiden-Moleküle wiederholt.

Eine besondere Form dieser histologischen Arbeitstheilung verdient hier unsere nähere Beachtung: das ist die geschlechtliche Sonderung, die sexuelle Differenzirung. Wie schon vorher bemerkt, besitzt die geschlechtliche Zeugung nicht entfernt die hohe allgemeine Bedeutung, welche man ihr noch heute in den weitesten Kreisen zuschreibt; und das ist um so mehr hervorzuheben, als einerseits dieselbe vorzugsweise gern mit dem mystischen Schleier eines übernatürlichen oder höchst geheimnissvollen Vorganges verhüllt wird, und als andererseits sogar viele hervorragende Naturforscher die Bedeutung dieser Erscheinung für die Entwickelungslehre ganz unverhältnissmässig überschätzen. Da ist denn zunächst ausdrücklich hervorzuheben, dass erstens eine grosse Menge von niedersten Organismen, namentlich die bunte Masse der Protisten, viele Protophyten und Protozoen, die geschlechtliche Zeugung überhaupt nicht kennen, sondern sich ausschliesslich auf ungeschlechtlichem Wege

fortpflanzen (vorzugsweise durch einfache Theilung, ausserdem auch durch Knospenbildung und Sporenbildung). Zweitens ist zu bemerken, dass eine scharfe Grenze zwischen geschlechtlicher Zeugung (Amphigonie) und ungeschlechtlicher Zeugung (Monogonie) nicht besteht, wie schon die unbeständige Conjugation und Copulation bei vielen jener niedersten Organismen beweist. Drittens ist sehr lehrreich die zerstreute Verbreitung der Jungfernzeugung oder Parthenogenesis bei sehr verschiedenen Gruppen von höheren Thieren und Pflanzen; offenbar stammen diese von Vorfahren ab, welche geschlechtlich differenzirt waren; im Laufe der Zeit ist das männliche Geschlecht wieder entbehrlich geworden und verloren gegangen. Nicht minder lehrreich ist viertens die häufige Verknüpfung der geschlechtlichen und ungeschlechtlichen Zeugung im Generationswechsel einer und derselben Species. Fünftens endlich verliert der wesentliche Vorgang der geschlechtlichen Zeugung alles Wunderbare und Räthselhafte, sobald wir von allen unwesentlichen und secundären Zuthaten absehen, und nur den histologischen Kern des Processes scharf in's Auge fassen. Denn dann ist die geschlechtliche Zeugung weiter Nichts, als die Verwachsung zweier Plastiden, welche durch weitgehende Arbeitstheilung ihrer Plastidule sich sehr verschiedenartig entwickelt haben.

In der That wird so das dunkle Mysterium der geschlechtlichen Fortpflanzung in der einfachsten Weise aufgeklärt, und das „wunderbare Räthsel" der weltbewegenden Liebe in der nüchternsten Form gelöst. Natürlich müssen wir dabei ganz absehen von allen jenen mannigfaltigen und merkwürdigen Geschlechts-Einrichtungen, welche erst langsam und allmählich von den höheren Thieren und Pflanzen theils unter dem allgemeinen Einflusse der natürlichen Züchtung, theils durch die besondere Wirksamkeit der geschlechtlichen Zuchtwahl erworben wurden. Ursprünglich finden wir weiter Nichts als zweierlei verschiedene Zellen: weibliche Eizellen und männliche Spermazellen. Diese entstehen oft nicht einmal in besonderen Organen, sondern liegen einzeln zerstreut in anderen Geweben, die Eizellen zwischen den Epithel-Zellen des Darms, die Spermazellen zwischen den Epidermiszellen der Haut: so bei den

Gastraeaden, Spongien, vielen Hydroiden u. s. w. Der ganze Vorgang der sexuellen Verbindung beschränkt sich hier darauf, dass diese beiderlei Zellen, aus dem Verbande des vielzelligen Organismus abgelöst und zufällig im Wasser zusammengekommen, sich an einander legen und mit einander zu einer einzigen Plastide verschmelzen. Die innige Neigung, welche durch die chemische „Wahlverwandtschaft" der beiden liebenden Zellen bedingt ist, führt beide nothwendig zusammen. Die neu entstandene Zelle ist das Kind der mütterlichen Eizelle und der väterlichen Spermazelle: sie besteht aus den vereinigten Körpern Beider. Verfolgen wir diesen höchst wichtigen, aber auch höchst einfachen Fundamental-Process der Amphigonie noch weiter, so finden wir, dass dabei eine völlige und innige Mengung der Plastidule stattfindet, eine vollständige Verbindung der verschiedenen Molekular-Bewegungen in beiden Plastiden. Dabei scheint gewöhnlich dem Verschmelzungsprocess der beiderlei Geschlechtszellen die theilweise oder vollständige Auflösung ihres Kernes vorauszugehen (— in anderen Fällen vielleicht erst nachzufolgen —), so dass also das neuerzeugte Individuum zunächst keine Zelle, sondern eine Cytode ist, und sich erst durch Neubildung eines Kernes wieder zur Zelle gestaltet. Wir haben jene Cytode als „Monerula", diese erste Zelle als „Cytula" bezeichnet. Offenbar ist die individuelle Plastidul-Bewegung, welche dieser ersten Plastide innewohnt, und welche deren ganze weitere Entwickelung bedingt, die Resultante aus den beiden verschiedenen Plastidul-Bewegungen der weiblichen Ei-Plastide und der männlichen Sperma-Plastide. Wenn wir letztere als die beiden Seiten im Parallelogramm der Kräfte betrachten, so ist die Plastidul-Bewegung der Monerula und der daraus hervorgehenden Cytula deren Diagonale. Daraus erklärt sich auch ganz einfach die Thatsache der beiderseitigen oder amphigonen Vererbung, die Thatsache, dass das Kind zahlreiche Eigenschaften von beiden Eltern erbt. Die kindliche elementare Lebens-Bewegung ist die Diagonale zwischen der mütterlichen und der väterlichen Lebens-Bewegung.

Rein morphologisch betrachtet, ist jene Vermischung der beiderlei Geschlechtszellen, welche einzig und allein das Wesen der geschlechtlichen Zeugung bedingt, durchaus kein ganz ab-

sonderlicher Vorgang; vielmehr fällt er unter den weiteren Begriff der Verwachsung oder Concrescenz der Plastiden, einen histologischen Vorgang, den wir auch sonst in vielen verschiedenen Modificationen sehr verbreitet antreffen; z. B. bei der Plasmodium-Bildung von Moneren und Myxomyceten, bei der Bildung netzförmiger Gewebe (Verschmelzung sternförmiger Muskelzellen, Nervenzellen, Bindegewebszellen u. s. w.). Besonders lehrreich ist aber dafür die sogenannte Copulation oder Conjugation zweier anscheinend gleichartiger Zellen, welche bei vielen Protisten (Protophyten und Protozoen) der ungeschlechtlichen Vermehrung durch Theilung vorausgeht (Gregarinen, Infusorien, Diatomeen, Desmidiaceen etc.). Wir dürfen diese Conjugation von zwei gleichartigen Plastiden als die erste Einleitung zur sexuellen Differenzirung oder als den Uebergang von der ungeschlechtlichen zur geschlechtlichen Zeugung ansehen. Da nach den bekannten Erfahrungen der Inzucht ein gewisser Grad von Verschiedenheit der beiden Geschlechts-Individuen für den Erfolg ihrer Verbindung und die Fruchtbarkeit ihrer Nachkommenschaft sehr vortheilhaft ist, so wird die natürliche Züchtung die Ungleichheit der beiden copulirenden Plastiden begünstigen und durch allmähliche Häufung und Verstärkung ihrer individuellen Eigenthümlichkeiten sie allmählich bis zu jenem Gegensatze entfernen, der uns in der verschiedenen Zusammensetzung der grossen amoeboiden Eizelle und der kleinen flagellaten Spermazelle bei den meisten Thieren so auffallend vor Augen liegt. Auch das ist wieder nur eine besondere und stark ausgebildete Form der Arbeitstheilung.

Wenn wir uns nun wieder daran erinnern, dass ganz allgemein betrachtet die Fortpflanzung nichts Anderes ist, als ein „Wachsthum des Individuums über sein individuelles Maass hinaus“, so werden wir auch jene Verwachsung von zwei gleichartigen Zellen, welche als Copulation oder Conjugation bezeichnet wird, und welche zuerst den phylogenetischen Anstoss zur sexuellen Differenzirung gegeben hat, nur als eine besondere Form des Wachsthums ansehen dürfen. Während bei dem gewöhnlichen einfachen Vorgang der ungeschlechtlichen Fortpflanzung das vorausgehende und bedingende Wachsthum (— ein totales bei der Theilung, ein partielles bei der Knospung —)

langsam und allmählich erfolgt, geschieht dasselbe hier bei der Conjugation rasch und plötzlich. So lässt sich also auch das Mysterium der geschlechtlichen Zeugung wieder auf eine besondere Form des Wachsthums und der Arbeitstheilung der Plastiden zurückführen.

Die hier dargestellte Auffassung der geschlechtlichen Zeugung scheint mir für die niederen und einfacheren Formen so klar auf der Hand zu liegen, dass sie wohl keiner eingehenderen Begründung mehr bedarf. Aber auch für die höheren und verwickelteren Formen, die zunächst dadurch nicht vollständig aufgeklärt erscheinen, liefert sie uns den Schlüssel des Verständnisses. Dazu ist erforderlich, dass wir erstens die physiologische Individualität des Plastiden-Lebens und die active Bedeutung der dasselbe bedingenden Plastidule anerkennen, und dass wir zweitens dem Begriffe des Generationswechsels eine viel weitere Ausdehnung und allgemeinere Geltung geben, als bisher geschehen ist. Bekanntlich beruht diese „Generatio alternans", die wir mit Owen kurz als Metagenesis bezeichnen, auf dem regelmässigen periodischen Wechsel von zwei oder mehreren verschiedenen Generationen, von denen eine auf geschlechtlichem, die übrigen auf ungeschlechtlichem Wege ihre Nachkommen erzeugen. Zugleich ist mit diesem periodischen Zeugungswechsel eine mehr oder minder weit gehende Arbeitstheilung der Personen (oder bei den Pflanzen der Sprosse) verbunden, welche sich oft in einer höchst auffallenden Verschiedenheit ihrer Gestaltung und Organisation kund giebt. So sehen wir z. B., dass aus den Sporen oder Keimzellen der Farnkräuter nicht wieder ein Farnkraut entsteht, sondern ein Prothallium, eine niedere Pflanzenform ohne Stengel und Blätter, welche im Wesentlichen einem Lebermoose gleicht. Diese wird geschlechtsreif; sie bildet Eier und Spermazellen, und aus deren Vermischung entsteht eine neue Zelle, die Cytula. Indem die Cytula sich wiederholt theilt, entsteht ein kleines Pflänzchen, das sich durch Sonderung vom Stengel und Blättern wieder zum Farnkraut entwickelt; und an der Unterseite von dessen Blättern entstehen später ungeschlechtlich die braunen Häufchen von Keimzellen oder Sporen. Einem gleichen Generationswechsel begegnen wir bei sehr vielen niederen Thieren. So entwickelt

sich aus dem befruchteten Ei der meisten Medusen nicht wieder eine Meduse, sondern ein festsitzender, ganz anders geformter Hydroid-Polyp, und dieser erzeugt erst wieder (durch ungeschlechtliche Knospung) die frei schwimmenden Medusen, die sich geschlechtlich sondern. Die Blattläuse und viele kleine Krebse (z. B. Daphniden) pflanzen sich während des Sommers ungeschlechtlich durch Parthenogenesis fort, durch unbefruchtete Keimzellen oder Sporen. Erst im Herbste kommt eine geschlechtlich differenzirte Generation mit Männchen und Weibchen, und aus deren befruchteten Eiern entsteht im Frühjahr wieder die erste ungeschlechtliche Generation.

Fassen wir nun aber unsere Plastiden als autonome „Elementar-Organismen" auf, die ihre morphologische und physiologische Selbstständigkeit besitzen, und betrachten wir den individuellen Entwickelungs-Process vom histologischen Standpunkte der Plastiden-Theorie, so werden wir durch Vergleichung mit den eben angeführten Vorgängen zu der Anschauung gelangen, dass eigentlich der Generationswechsel oder die Metagenesis ein sehr allgemein verbreiteter Vorgang ist. Denn bei der individuellen Entwickelung jedes vielzelligen Thieres, jeder vielzelligen Pflanze tritt zunächst eine geschlechtliche Plastiden-Generation auf, repräsentirt durch die weibliche Eizelle und die männliche Spermazelle. Aus deren Verbindung entsteht wieder eine Zelle, die Cytula, und diese erzeugt auf ungeschlechtlichem Wege, durch wiederholte Theilung, die Generationen von gleichartigen Zellen, welche schliesslich die Morula und die daraus entstehende Blastula zusammensetzen. Jetzt erst tritt zwischen diesen gleichartigen Zellen der Blastula-Generation die erste Arbeitstheilung ein, und sie sondern sich in zweierlei Zellenarten, in die Zellen des inneren vegetativen und des äusseren animalen Keimblattes. Jede von diesen erzeugt wieder durch fortgesetzte Theilung zahlreiche Generationen, und in den letzteren schreitet die Arbeitstheilung der Zellen um so weiter fort, je vollkommener später die völlig entwickelte Person organisirt ist. Alle die zahllosen Generationen von verschiedenartigen Zellen, welche deren Gewebe und Organe zusammensetzen, vermehren sich ungeschlechtlich durch Theilung. Nur zwei von diesen polymorphen Zellen-Generationen sondern sich

wieder geschlechtlich, die Eizellen und die Spermazellen. Kommen diese später im geschlechtlichen Zeugungsacte wieder zur Verwachsung, so sind wir am Anfange des Zeugungskreises angelangt, von welchem wir ausgingen. Der Rückschlag oder Atavismus der Plastiden hat uns wieder bis zur Cytula zurückgeführt. Es besteht also im Grunde die individuelle Entwickelung jedes vielzelligen Thieres und jeder vielzelligen Pflanze, die sich durch Hypogenesis, d. h. ohne „Generationswechsel" der Personen, durch einen geschlechtlichen Zeugungsact fortpflanzt, eigentlich aus einem höchst verwickelten Generationswechsel ihrer constituirenden Zellen. Der Unterschied liegt nur darin, dass die letzteren im vielzelligen Organismus eng räumlich mit einander verbunden bleiben, während die Personen, als Repräsentanten der verschiedenen Generationen bei der eigentlichen „Metagenesis" räumlich von einander getrennt und frei sind. Um diesen Unterschied auszudrücken, habe ich die Wechselzeugung der Plastiden als Generationsfolge oder Strophogenesis bezeichnet (Gen. Morph. II, 106). Der Begriff der Metagenesis bleibt auf die Wechselzeugung der Personen, als ganz selbstständiger und freier physiologischer Individuen beschränkt. Wie unwesentlich übrigens dieser Unterschied ist, zeigen die Siphonophoren, bei denen dieselben, durch Arbeitstheilung vielfach gesonderten Personen auf einem Stocke vereinigt bleiben, die bei anderen Hydromedusen getrennt ihr selbstständiges Leben führen. Die Arbeitstheilung der Personen, die wir hier ebenso wie in den Culturstaaten der Ameisen, Bienen, Termiten und Menschen finden, ist an sich betrachtet nur im Grossen, was die Arbeitstheilung der Plastiden im Laufe der Strophogenesis in kleinem Maassstabe darbietet; und die letztere ist wieder im Grunde kein anderer Process als die im Miniaturbilde uns entgegentretende Arbeitstheilung der Plastidule. Diese ist der Elementar-Factor der fortschreitenden organischen Entwickelung, der stetig zunehmenden Vollkommenheit und Mannigfaltigkeit der organischen Formen. Der Mikrokosmos wiederholt auch hier das Bild des Makrokosmos.

Suchen wir nun für die mannigfaltigen und wundervollen, hier kurz berührten Vorgänge der organischen Zeugung und

Entwickelung einen einheitlichen allgemeinen Gesichtspunkt auf monistischer Basis zu gewinnen, so ist dieser jedenfalls nur im Gebiete der Bewegungslehre oder der Mechanik im engeren Sinne zu suchen. Denn der ganze uns erkennbare Weltprocess in seiner unbegrenzten Ausdehnung, die Gesammtentwickelung der Sonnensysteme und Planeten nach Kant, die anorganische Entwickelung des Erdballs nach Lyell und die organische Entwickelung auf demselben nach Darwin sind in gleicher Weise durch feste und unabänderliche Gesetze der Mechanik mit Nothwendigkeit bedingt. Und wie die gesammte Entwickelung der organischen Natur auf unserer Erde, wie die Stammesgeschichte des Pflanzen- und Thierreichs, so ist auch die Entwickelungsgeschichte der Menschheit und jedes einzelnen Menschen durch dieselben festen Gesetze der Bewegungslehre geregelt. Der Unterschied ist nur der, dass der Entwickelungs-Process der organischen Natur im Ganzen, wie im Einzelnen unendlich viel verwickelter und daher schwieriger zu erfassen ist, als derjenige der anorganischen Natur. Aber jener beruht ebenso wie dieser im Grunde doch nur auf Massen-Bewegungen, und diese Massen-Bewegungen sind sämmtlich auf Anziehungs- und Abstossungs-Verhältnisse der Moleküle und der sie zusammensetzenden Atome, sowie des die Atome verbindenden Aethers zurückzuführen.

Der biogenetische Process, wie wir die Gesammtheit der organischen Entwickelungs-Bewegungen auf unserem Planeten kurz nennen wollen, ist im Einzelnen viel zu verwickelt, die Zahl, Mannigfaltigkeit und Complication aller ihn zusammensetzenden Einzel-Vorgänge ist viel zu gross, als dass es möglich wäre, jetzt schon, bei unserer mangelhaften und unvollkommenen Kenntniss derselben, seinem ehernen mechanischen Gang Schritt für Schritt zu folgen. Trotzdem können wir behaupten, schon jetzt eine befriedigende monistische Einsicht in sein wahres Wesen gewonnen zu haben. Die Voraussetzung dieser Einsicht ist die Anerkennung des biogenetischen Grundgesetzes, welches durch den Nachweis des Causalnexus zwischen Ontogenie und Phylogenie allein fähig scheint, den über allen Zweigen der Biogenie lagernden Nebel zu zerstreuen. Wie man auch jenen innigen ursächlichen Zusammenhang zwischen Keimes-

und Stammesgeschichte formuliren mag, bestehen bleibt er für Jeden, der nicht durch Vorurtheile geblendet, der mit den Thatsachen der organischen Entwickelung vertraut und der zu einem philosophischen Urtheil über ihre Bedeutung befähigt ist.

Wollen wir aber noch weiter in die Mechanik des biogenetischen Processes eindringen, so müssen wir nothwendig in die dunkele Tiefe des Plastiden-Lebens hinabsteigen und in der Plastidul-Bewegung die wahre bewirkende Ursache desselben aufsuchen. Es bleibt also hier schliesslich noch die Frage zu beantworten, ob wir über die eigentliche Natur dieser molekularen Plastidul-Bewegung, die unserer unmittelbaren Erkenntniss verschlossen ist, uns mit Hülfe der Vergleichung von analogen Bewegungserscheinungen eine vorläufig befriedigende Hypothese zu bilden im Stande sind. Eine bejahende Antwort auf diese Frage versucht unsere Hypothese der Perigenesis.

Wenn wir zunächst vom höchsten und umfassendsten Gesichtspunkte aus die Gesammtheit der eben betrachteten organischen Entwickelungsvorgänge überschauen, so ergiebt sich als allgemeinstes Resultat die Ueberzeugung, dass der biogenetische Process als eine periodische Bewegung verläuft. Das anschaulichste Analogon derselben finden wir im Bilde einer verwickelten Wellenbewegung. Halten wir uns dabei zunächst nur an die unmittelbar zu erkennenden und unumstösslichen Thatsachen, so können wir von unserer eigenen Vorfahren-Kette ausgehen; gleichviel ob wir diese auf die sogenannte „historische Zeit“ beschränken, in welcher Mensch auf Mensch nachweislich gefolgt ist; oder ob wir unsere Ahnenreihe, der Anthropogenie folgend, noch weiter hinab durch den Stamm der Wirbelthiere bis zum Amphioxus, und durch die Gruppe der Wirbellosen hindurch bis zur Gastraea, schliesslich bis zur Amoebe und zum Moner verfolgen. Auf jeden Fall lässt sich die Entwickelungsbewegung unserer Ahnenreihe unter dem einfachsten Bilde einer Wellenlinie vorstellen, in welcher das individuelle Leben jeder einzelnen Person einer einzelnen Welle entspricht.

Beschränken wir nun aber unseren Blick nicht auf die Reihe unserer directen Vorfahren, sondern erweitern wir ihn

und fassen wir die Gesammtheit unserer Blutsverwandten zusammen, so können wir bekanntlich deren Zusammenhang in der einfachen Form eines Stammbaumes klar ausdrücken. Mit Rücksicht auf die Wellenbewegung der zusammenhängenden Entwickelung können wir auch in diesem Stammbaum die Entwickelungs-Bewegung jeder einzelnen Person durch eine Welle andeuten. Der ganze Stammbaum erhält so das Bild einer verzweigten Wellenbewegung, einer ramificirten Undulation. (Vergl. hierzu das Titelbild.) Welche Vorfahren-Form wir auch als Stammform für die ganze stammverwandte Gruppe des Stammbaumes oder für einen Theil derselben wählen mögen, immer wird sie als der Ausgangspunkt einer zusammenhängenden Wellenbewegung erscheinen, welche sich, den Aesten und Zweigen des Stammbaumes entsprechend, vielfach ramificirt.

Dasselbe Bild einer verzweigten Wellenbildung, welches uns so die Entwickelungsgeschichte jeder menschlichen Familie, die Genealogie jeder Dynastie im Kleinen darbietet, dasselbe finden wir im Grossen wieder, wenn wir das natürliche System der Organismen im Lichte der Descendenz-Theorie betrachten. Denn wie in jeder menschlichen Familie, so sind auch in jeder grösseren Gruppe von blutsverwandten Thieren oder Pflanzen „alle Gestalten ähnlich; doch keine gleichet der anderen". Das „geheime Gesetz", das „heilige Räthsel", auf welches dieser Gestalten-Chor nach Goethe deutet, ist die übertragene Entwickelungs-Bewegung, auf der die „Blutsverwandtschaft" beruht. Daher ist das „natürliche System" nichts Anderes als der wahre Stammbaum der blutsverwandten Arten, und jeder einzelne Ast und Zweig desselben entspricht einer grösseren oder kleineren Gruppe von Descendenten einer gemeinsamen Stammform. Diese Einheit der Abstammung vereinigt alle Formen einer Klasse, Ordnung u. s. w. Indem sich jede Klasse in verschiedene Ordnungen, jede Ordnung in mehrere Familien, jede Familie wieder in verschiedene Gattungen, jede Gattung in mehrere Arten und Varietäten spaltet, verzweigt sich die Wellenbewegung, welche von der gemeinsamen Stammform auf die ganze Nachkommen-Gruppe übertragen wurde; und jeder Wellenzweig pflanzt seine individuelle Bewegung wieder in eigenthümlicher Form auf seine verschiedenen Descendenten fort.

Nun lehrt uns das biogenetische Grundgesetz, dass sich dieser grossartige Entwickelungsgang der Stammesgeschichte im Kleinen wiederspiegelt in der Keimesgeschichte jedes einzelnen Individuums. Hier sind es die Lebensläufe der constituirenden Plastiden (Cytoden und Zellen), welche den einzelnen Wellen entsprechen. Die Cytula oder die aus dem befruchteten Ei hervorgegangene „erste Furchungszelle", aus welcher sich der vielzellige Organismus entwickelt, verhält sich zu den verschiedenen Zellen-Generationen, welche aus ihr durch Theilung entstehen und welche später durch Arbeitstheilung die verschiedenen Gewebe bilden, ganz genau so, wie die Stammform einer Klasse oder Ordnung zu den mannigfaltigen Familien, Gattungen und Arten, welche von ihr abstammen und sich durch Anpassung an verschiedene Existenz-Bedingungen verschiedenartig entwickelt haben. Der ontogenetische „Zellen-Stammbaum" der ersteren hat ganz dieselbe Form, wie der phylogenetische „Arten-Stammbaum" der letzteren. Die übertragene Entwickelungs-Bewegung, welche hier von der Stammart der ganzen Arten-Gruppe, dort von der Stammzelle der ganzen Zellen-Gruppe ausgeht, nimmt in beiden Fällen die gleiche Form der verzweigten Wellen-Bewegung an. Jeder, der das biogenetische Grundgesetz anerkennt, wird es nur natürlich finden, dass der Mikrokosmos des ontogenetischen Zellen-Stammbaumes das verkleinerte und theilweise verzogene Abbild von dem Makrokosmos des phylogenetischen Arten-Stammbaumes darstellt. (Vergl. die Erklärung des Titelbildes, S. 80.)

Da wir uns jede zusammengesetzte und verwickelte Erscheinung nur durch Auflösung in ihre einzelnen Bestandtheile und genaueste analytische Untersuchung dieser letzteren zum Verständniss bringen und erklären können, so müssen wir nothwendig auch in der mechanischen Entwickelungs-Theorie bis in die letzten Elementar-Vorgänge eindringen. Nun ist der ganze biogenetische Process das höchst zusammengesetzte Resultat aus den Entwickelungs-Vorgängen sämmtlicher organischen Arten. Diese setzen sich wieder aus den Entwickelungs-Processen der Personen, wie die letzteren aus denjenigen der constituirenden Plastiden zusammen. Die Entwickelung jeder einzelnen Plastide ist aber wieder nur das Product aus den ac-

tiven Bewegungen ihrer constituirenden Plastidule. Nun haben wir gesehen, dass die Entwickelungs-Bewegung der Stämme und Klassen, der Ordnungen und Familien, der Gattungen und Arten, der Personen und Plastiden immer und überall die charakteristische Grundform der verzweigten Wellen-Bewegung hat. Demnach kann auch die molekulare Plastidul-Bewegung, welche allen jenen Vorgängen zu Grunde liegt, in Wirklichkeit keine andere Form besitzen. Wir müssen schliessen, dass auch diese Elementar-Ursache des Lebens-Processes, dass auch die unsichtbare Plastidul-Bewegung eine verzweigte Wellenbewegung ist. Diese wahre und letzte „Causa efficiens“ des biogenetischen Processes nennen wir mit einem Worte Perigenesis, die periodische Wellenzeugung der Lebenstheilchen oder Plastidule. In der That ist diese mechanische Hypothese wohl geeignet, uns jenen Process wirklich zu erklären. Nehmen wir als einfaches Beispiel zur Erläuterung der Perigenesis den Entwickelungsgang eines monoplastiden Protisten (z. B. eines monocytoden Moneres, oder einer einzelligen Amoebe), das sich durch einfache Theilung fortpflanzt, und verfolgen wir diesen auf der angehängten Tafel bis zur fünften Generation. Auf dieser Tafel ist jede entwickelte einfache Zelle durch eine einfache rothe Kugel und die beiden Tochterzellen, welche bei deren Fortpflanzung durch Theilung entstehen, durch zwei kleinere, unmittelbar darüber befindliche rothe Kugeln angedeutet. Die rothen Wellenlinien bedeuten den individuellen Entwickelungsgang jeder einzelnen Zelle mit der ihr eigenthümlichen Plastidul-Bewegung, deren Richtung durch einen rothen Pfeil angedeutet wird. Die kleinen schwarzen Körper von verschiedener Form bedeuten die Summe der äusseren Existenz-Bedingungen, welche die Ernährung jeder Zelle beeinflussen und durch Anpassung deren ursprüngliche Plastidul-Bewegung abändern. Die Richtung dieser Anpassungs-Bewegung ist durch die schwarzen Pfeile angedeutet. Indem nun in jeder einzelnen Zelle die ursprüngliche, von der Mutterzelle durch Vererbung übertragene Plastidul-Bewegung mit der neuen, durch Anpassung erworbenen Plastidul-Bewegung zusammentrifft, entsteht als Diagonale in diesem Parallelogramm der Kräfte eine neue Form der Plastidul-Bewegung, die dieser Zelle individuell zukommt; und da die Existenz-Bedingungen

aller Individuen mehr oder minder verschieden sind, müssen auch diese Diagonal-Bewegungen mehr oder minder abweichen. Daraus folgt die Divergenz des Charakters, welche sich bei den Descendenten jeder Generation ausspricht und bei jeder Generation wächst. Der ganze Entwickelungs-Process stellt sich also als eine zusammengesetzte ramificirte Undulation der Plastidule dar, bei welcher die einzelnen Wellen mehr und mehr ungleich werden. Ganz dieselbe Erscheinung zeigt uns der sogenannte Furchungs-Process der Thier-Eier. Auch hier zerfällt die Zelle durch wiederholte Theilung in 2, 4, 8, 16, 32 Zellen u. s. w. Zwar erscheinen diese äusserlich häufig gleich; allein ihre (ererbte) Plastidul-Bewegung ist dennoch individuell verschieden, wie aus ihrer späteren ungleichen Entwickelung hervorgeht. Die potentielle Ungleichheit, welche hier durch Vererbung übertragen oder angeboren erscheint, ist in Wahrheit ursprünglich durch Anpassung von den ältesten Vorfahren des vielzelligen Organismus erworben worden.

Indem wir dergestalt eine ununterbrochene verzweigte Wellenbewegung der Plastidule als die bewirkende Ursache des biogenetischen Processes annehmen, sehen wir die Möglichkeit ein, den unendlich verwickelten Gang des letzteren auf mechanische Bewegung der Massen-Atome zurückzuführen; und diese sind hier ebenso durch chemisch-physikalische Gesetze bedingt, wie in sämmtlichen Erscheinungen der anorganischen Natur. Wenn wir diese verzweigte Wellenbewegung der Plastidule mit einem Worte als „Perigenesis oder Wellenzeugung“ bezeichnen, so wollen wir damit die characteristische Eigenthümlichkeit ausdrücken, welche dieselbe als verzweigte Bewegung von anderen ähnlichen periodischen Processen unterscheidet. Diese Eigenthümlichkeit beruht auf der Reproductionskraft der Plastidule und diese ist wieder durch deren eigenthümliche atomistische Zusammensetzung bedingt. Jene Reproductionskraft, die allein die Fortpflanzung der Plastiden ermöglicht, ist aber gleichbedeutend mit dem Gedächtniss der Plastidule. Und hier kommen wir wieder auf die vorher adoptirte, von Ewald Hering so vortrefflich begründete Anschauung zurück, dass das unbewusste Gedächtniss die wichtigste Character-Eigenschaft der „organisirten Materie“, oder

richtiger der organisirenden Plastidule ist. Das Gedächtniss ist ein Hauptfactor des biogenetischen Processes. Durch das Gedächtniss der Plastidule wird das Plasson befähigt, in fortdauernder periodischer Bewegung seine characteristischen Eigenschaften von Generation zu Generation durch Vererbung zu übertragen, und diesen die neuen Erfahrungen einzufügen, welche die Plastidule durch Anpassung im Laufe der Entwickelung erworben haben.

Wie ich schon in der generellen Morphologie ausführlich begründete, sind die Abänderungen der organischen Formen, welche wir unter dem Begriff der Anpassung im weitesten Sinne zusammenfassen, bedingt durch veränderte Verhältnisse in der Ernährung der Plastiden. Diese letzteren aber sind zurückzuführen auf chemische Veränderungen in der atomistischen Zusammensetzung und demgemäss in der Molekular-Bewegung der Plastidule, welche bei der ausserordentlichen Beweglichkeit und verwickelten Lagerung der constituirenden Atome unmittelbar durch die veränderten Einflüsse der umgebenden Aussenwelt oder der äusseren „Existenz-Bedingungen" herbeigeführt werden. Diese Erfahrungen vergessen die Plastidule nicht. Sie übertragen vielmehr dieselben als Modification der ursprünglichen Plastidul-Bewegung auf die Nachkommen. So erklärt sich die Vererbung wesentlich als die Uebertragung der individuellen Plastidul-Bewegung, welche mit jedem Processe der Fortpflanzung nothwendig verknüpft ist.

In der generellen Morphologie (Bd. I, S. 154, Bd. II, S. 297) und in der natürlichen Schöpfungsgeschichte (VI. Aufl., S. 226, 300) hatte ich jede einzelne organische Form als das nothwendige Product aus zwei mechanischen Factoren abgeleitet, die man im Sinne der älteren Biologie als „Bildungskräfte" oder „Bildungstriebe" bezeichnen kann. Der innere Bildungstrieb oder die innere Gestaltungskraft (von Goethe als der centripetale oder Specificationstrieb bezeichnet) ist die Erblichkeit oder Heredität. Der äussere Bildungstrieb oder die äussere Gestaltungskraft (von Goethe der centrifugale oder Metamorphosen-Trieb genannt) ist die Anpassungsfähigkeit oder Variabilität. Letztere bedingt das, was Baer als „Grad der Ausbildung", erstere das, was Baer als „Typus der Bildung" gegen-

überstellt. Mit Rücksicht auf die Perigenesis können wir jetzt den Gegensatz zwischen diesen beiden fundamentalen formgestaltenden Kräften der Organismen schärfer dahin präcisiren, dass wir sagen: Die Erblichkeit ist das Gedächtniss der Plastidule, die Variabilität ist die Fassungskraft der Plastidule. Jene bewirkt die Beständigkeit, diese die Mannigfaltigkeit der organischen Formen. In sehr einfachen und sehr constanten Formen haben die Plastidule, cum grano salis verstanden, „Nichts gelernt und Nichts vergessen". In sehr vollkommenen und variablen organischen Formen haben die Plastidule „Viel gelernt und Viel vergessen". Als Beispiel für ersteres führe ich die Keimesgeschichte des Amphioxus, als Beispiel für letzteres hingegen diejenige des Menschen an (vergl. meine Anthropogenie, VIII. und XIV. Vortrag).

Die Unterschiede, welche meine Hypothese der Perigenesis von Darwin's Hypothese der Pangenesis trennen, liegen auf der Hand. So wesentlich verschieden, wie Darwin's „Gemmulae oder Lebenskeimchen" von unseren „Plastidulen oder Lebensmolekülen", so grundverschieden sind auch die molekularen Bewegungen, welche unsere beiden Hypothesen in Anspruch nehmen. Die „Gemmulae" der Pangenesis sind Molekül-Gruppen, welche „wachsen, sich ernähren und durch Theilung vervielfältigen können, gleich den Zellen selbst". Die „Plastidule" der Perigenesis hingegen sind Einzel-Moleküle, welche als solche alle diese Eigenschaften nicht besitzen. Sie können bloss ihre individuelle Plastidul-Bewegung auf die benachbarten Plastidule übertragen und durch Assimilation in ihrer unmittelbaren Umgebung neue Plastidule von derselben Beschaffenheit bilden, wie ein wachsender Krystall in der Mutterlauge; sie können ferner ihre atomistische Zusammensetzung in Folge äusserer Einflüsse sehr leicht ändern und damit auch ihre Plastidul-Bewegung. Darwin nimmt an, dass jede Zelle Theilchen an alle Theile des Körpers abgiebt und dass alle Reproductions-Zellen, sowohl die Eizellen nnd Spermazellen welche die geschlechtliche Zeugung, als auch die indifferenten Zellen welche die ungeschlechtliche Zeugung vermitteln, abgegebene Gemmulae von sämmtlichen Zellen des Organismus enthalten; und nicht allein dieses Organismus, sondern auch aller seiner Vorfahren. Wie

diese in den Reproductions-Zellen sich ordnen und den neuen Organismus bilden sollen, vermag ich nicht einzusehen. Ja, mir scheint eine Entwickelungslehre auf dieser Basis mit der Zellen-Theorie, mit der Plastiden-Theorie, mit unseren Erfahrungen über die successive Differenzirung und Arbeitstheilung der Zellen im Laufe der Ontogenese überhaupt unvereinbar. Die Arbeitstheilung und Generationsfolge der Zellen, auf welche ich das Hauptgewicht lege, und die regelmässige Periodicität der Plastidulbewegung, welche diesen erworbenen Process der Arbeitstheilung von Zeit zu Zeit wiederholt und durch neue Erwerbungen complicirt, haben in der Theorie der Pangenesis keinen Platz.

Hingegen gründet sich meine Hypothese von der Perigenesis der Plastidule auf das mechanische Princip der übertragenen Bewegung, welches bereits Aristoteles als die wichtigste Ursache der individuellen Entwickelung betrachtete. Dieser grosse Naturphilosoph lässt bei der geschlechtlichen Fortpflanzung den Anstoss und den Beginn oder die Erregung der Entwickelungsbewegung vom männlichen Samen ausgehen und von diesem auf den weiblichen Zeugungsstoff sich übertragen. Auch bekämpft er ausdrücklich die in der Pangenesis enthaltene Vorstellung, dass der Same von allen Theilen des Körpers herkomme. Unsere Plastidule sind die constituirenden Moleküle des Plasson, welche die Plastiden-Theorie, die erweiterte „Protoplasma-Theorie", als die einzigen activen Factoren des Plastiden-Lebens anerkennt, während sie den übrigen Gewebs-Molekülen dabei nur eine passive Rolle zutheilt. Indem die schwingende Molekular-Bewegung dieser Plastidule, oder die Plastidul-Bewegung, sich bei der Vermehrung der Plastiden als „Vererbung" auf die neugebildeten Plastiden überträgt, gestaltet sie sich zu einer verzweigten Wellenbewegung, und indem bei den verschiedenen Descendenten die mannigfaltigen Existenzbedingungen einen unmittelbaren Einfluss auf die verschiedenen Zweige ausüben, entstehen durch „Anpassung" neue Formen. Durch Vererbung dieser Anpassungen auf die späteren Descendenten entsteht die divergente Arbeitstheilung der Plastiden, welche wir als die wichtigste Ursache der weiteren Entwickelung ansehen. So

werden die Wellenkreise der ramificirten Undulation immer zahlreicher, mannichfaltiger und verwickelter, je weiter wir die fortschreitende Perigenesis der Plastidule verfolgen.

Alle die mannigfaltigen, verwickelten und merkwürdigen Erscheinungen des biogenetischen Processes scheinen mir im Lichte dieser Perigenesis einer einfachen mechanischen Erklärung von einem einheitlichen Gesichtspunkte aus zugänglich zu werden. Hingegen habe ich mich vergeblich bemüht, eine solche einfache mechanische Erklärung mit Hülfe der Pangenesis zu erreichen, welche Darwin selbst als eine höchst complicirte Hypothese bezeichnet. Auch alle die einzelnen Haupt-Erscheinungen der Entwickelung, welche derselbe an der Hand der Pangenesis-Hypothese zu erklären sucht: Fortpflanzung und Vererbung, Ernährung und Anpassung, Rückschlag und Generationswechsel, Hybridismus und Regeneration scheinen mir durch die Pangenesis der Gemmulae keine mechanische und mit den Thatsachen des Zellenlebens und der Keimesentwickelung vereinbare Erklärung zu finden. Hingegen wird eine solche durch die Perigenesis der Plastidule gegeben. Darwin sagt ausdrücklich, dass „alle Formen der Reproduction abhängen von der Aggregation von Gemmulae, welche von allen Theilen des Körpers abgeleitet sind". Wir sagen hingegen: „Alle Formen der Fortpflanzung hängen ab von der Uebertragung der Plastidul-Bewegung, welche bloss von dem zeugenden Theile des Körpers auf die erzeugten Plastiden direct übertragen wird, aber weiterhin vermöge des Gedächtnisses und der Arbeitstheilung der Plastidule die Wellenbewegung der Vorfahren in den Nachkommen ganz oder theilweise reproduciren kann.

Was ich hier gegen die geistreiche Pangenesis-Theorie Darwin's einwende, das gilt zum Theil auch von der scharfsinnigen Entwickelungs-Theorie, welche 1874 Elsberg in New-York als die Theorie von der „Regeneration oder Präservation der organischen Moleküle" veröffentlicht hat. (Proceed. of the American Association, Hartford 1874.) Jedoch treten hier an die Stelle der „Gemmules" in Uebereinstimmung mit unserer Plastiden-Theorie die Plastidule. In der Auffassung der Plastidule als wirklicher activer Plasson-Moleküle und in Bezug auf

die fundamentale Bedeutung des Plasson selbst, stimmt Elsberg wesentlich mit unserer Auffassung überein. Dagegen nimmt er den Grundgedanken der Pangenesis in seine Regenerations-Theorie auf. Er formulirt sie selbst in folgenden Worten: „Der Keim jedes erzeugten lebenden Wesens enthält Plastidule seiner ganzen Vorfahren-Reihe. Ich nenne sie die Regenerations-Hypothese, weil ihr zufolge die Vorfahren bis zu einem gewissen Grade körperlich, und also auch in jeder anderen Beziehung, in ihrer Nachkommenschaft wiedergeboren werden; oder die Hypothese der Präservation der organischen Moleküle, weil sie annimmt, dass gewisse Plastidule, wenn auch nicht für immer, doch für lange Zeit, aufbewahrt und von Generation zu Generation übertragen werden; oder ich könnte sie die Hypothese der Erhaltung der organischen Kräfte nennen, was nach der eben gegebenen Deutung dasselbe ausdrücken würde."

Wie hieraus und aus den weiteren Ausführungen von Elsberg klar hervorgeht, stimmt er im Wesentlichsten mit der Pangenesis-Hypothese Darwin's überein, insofern hier wie dort die materielle Uebertragung wirklicher Moleküle durch die ganze Reihe der blutsverwandten Generationen und somit die materielle Zusammensetzung jedes Keimes aus körperlichen Theilchen seiner sämmtlichen Vorfahren behauptet wird. Gerade diesem Grundgedanken aber tritt unsere Perigenesis-Hypothese entgegen. Denn wir nehmen eine unmittelbare Uebertragung der körperlichen Moleküle nur vom zeugenden Individuum auf das Erzeugte an, aber nicht auch von der älteren Vorfahren-Reihe her. Von dieser wird nur die besondere Form der periodischen Bewegung übertragen oder „vererbt", und nur diese fortdauernde „Wellenbewegung der Plastidule" ist es, welche vermöge des Gedächtnisses derselben auch die Eigenschaften der älteren Vorfahren an den späteren Nachkommen wieder in die Erscheinung treten lässt. Das ist ja gerade das Charakteristische der fortschreitenden Wellenbewegung, dass die Wellenformen sich vom Ausgangspunkte der Bewegung oder vom „Erregungscentrum" aus über weite Strecken und zahllose Theile der bewegten Masse fortpflanzen können, trotzdem die bewegten Moleküle nur innerhalb sehr enger Grenzen, nur innerhalb einer Wellenlänge sich hin und her bewegen, und

die Wellen selbst an Ort und Stelle bleiben; in sehr sinnreicher und bezeichnender Weise nennen wir deshalb auch die Wellenbewegung eine Fortpflanzung der Wellen. Diesen Sprachgebrauch umkehrend, kann man auch die Fortpflanzung der Organismen als eine eigenthümliche „Wellenbewegung" auffassen.

Abgesehen von dieser Differenz scheint mir Elsberg auch darin zu weit zu gehen, dass er die Zellen-Theorie durch die histologischen Anschauungen von Beale und Heitzmann für überwunden erklärt und die netzförmige Anordnung der Plastidulreihen im Plasson oder der „formenden Substanz" für eine allgemeine und wesentliche Eigenschaft aller Plastiden hält. Ich fasse dagegen diese netzförmige Anordnung der Plastidul-Reihen in der „Interplastidul-Substanz" als ein secundäres Phänomen auf und nehme an, dass ursprünglich (z. B. in den einfachsten Moneren) die Plastidule allein, dicht aneinander gelagert, den ganzen Plastiden-Körper bilden. Erst in Folge ihrer weiteren bildenden Thätigkeit treten sie aus einander, lagern „Interplastidul-Massen" zwischen sich ab und können die netzförmige Anordnung annehmen, welche wir so weit verbreitet (wenngleich keineswegs allgemein) in den Cytoden und Zellen wahrnehmen. Jedenfalls bleibt aber Elsberg im Rechte, wenn er die hohe Bedeutung der Plastidule betont und sie als die eigentlichen activen Factoren des Lebens-Processes ansieht.

Die grossen Gruppen von Thatsachen, auf welche wir unsere Perigenesis-Hypothese stützen, sind als empirische Grundlagen der Entwickelungs-Lehre zum grössten Theile längst anerkannt, und die darauf gegründeten Theorien, die wir durch die Idee der Perigenesis zu einem Ganzen verbunden haben, von den meisten Biologen gegenwärtig angenommen. Ueber die Begründung der Zellen-Theorie, von der wir ausgegangen sind, brauchen wir kein Wort zu verlieren. Dass die active formbildende Lebenssubstanz der Zellen, oder die materielle Basis der Lebens-Thätigkeiten, im Protoplasma und der nahverwandten Nucleus-Substanz zu suchen ist, und dass alle anderen Theile der Gewebe passive, von jenen gebildete Bestandtheile darstellen, ist neuerdings ebenso zur Anerkennung gelangt. Die Moneren (und die ontogenetische Keimform der

Monerula) zeigen uns, dass Protoplasma und Nucleus erst durch Sonderung aus dem einfachen Plasson entstanden sind. Hierauf gestützt glauben wir in unserer Plastiden-Theorie gezeigt zu haben, dass alle die zahllosen Arten des Protoplasma und des Nucleus nur Modificationen einer einzigen fundamentalen Bildungssubstanz, des Plasson darstellen, und dass demnach als die eigentlichen, molekularen Factoren des biogenetischen Processes die Plasson-Moleküle oder die Plastidule zu betrachten sind. Diesen müssen wir nothwendig eine eigenthümliche, durch ihre atomistische Constitution bedingte Molecular-Bewegung zuschreiben. Dass der biogenetische Process im Grossen und Ganzen ebensowohl wie in allen einzelnen Theilen eine verzweigte Wellenbewegung darstellt, wird wohl allgemein zugegeben werden. Da wir nun aber die bewirkende Ursache dieser höchst zusammengesetzten Wellenbewegung nur in der molekularen Plastidul-Bewegung finden können, so müssen wir auch letztere als eine Undulation auffassen.

Wollten wir von streng mechanischem Standpunkt aus für unsere Perigenesis-Hypothese den Werth einer Theorie der Entwickelung in Anspruch nehmen, so würden wir vor Allem den Charakter der periodischen Massen-Bewegung, der verzweigten Wellen-Bewegung betonen, den der biogenetische Process unstreitig besitzt. Als hypothetisches Element bleibt dann in der Theorie eigentlich nur noch die Summe von Eigenschaften übrig, welche wir den Plastidulen oder den Plasson-Molekülen zuschreiben. Wir betrachten diese „Lebenstheilchen“ als die wahren activen Factoren des Lebens-Processes und schreiben ihnen ausser den Eigenschaften, die allen aus Atomen zusammengesetzten Massentheilchen oder Molekülen zukommen, eine besondere Eigenschaft zu, welche sie als vitale Moleküle vor den anderen auszeichnet. Diese Eigenschaft, die recht eigentlich den lebendigen Organismus von dem nicht lebendigen Anorgane unterscheidet, ist die Fähigkeit des Gedächtnisses oder der Reproduction. Ohne diese Hypothese scheinen uns die mannigfachen Phänomene der Zeugung und Entwickelung überhaupt nicht verständlich zu sein. Wie befriedigend sich die Annahme eines solchen unbewussten Plastidul-Gedächtnisses begründen lässt, das hat Ewald Hering in der mehrfach her-

vorgehobenen Schrift einleuchtend gezeigt. Hingegen ist es mir bei eingehendem Nachdenken nicht möglich gewesen, irgend einen haltbaren Grund gegen diese Hypothese aufzufinden. Demnach betrachte ich das Gedächtniss oder die Reproductionskraft der Plastiden als eine Function des Plasson, welche unmittelbar durch die atomistische Zusammensetzung der Plastidule selbst bedingt ist.

Von diesem Gesichtspunkte aus dürfen wir vielleicht die Perigenesis als eine „mechanische Theorie" im weiteren Sinne bezeichnen, oder wenigstens als eine Hypothese, welche den Keim zu einer solchen in sich trägt. Was noch besonders zu ihren Gunsten sprechen dürfte, ist ihre grosse Einfachheit, in der Regel das Zeichen einer naturgemässen Theorie. Wie einfach sind die Grundgedanken der Gravitations-Theorie von Newton, der Undulations-Theorie von Hüyghens, der Wärme-Theorie von Meyer, der Zellen-Theorie von Schleiden, der Descendenz-Theorie von Lamarck und der Selections-Theorie von Darwin! Und doch werden durch diese einfachen Grundgedanken die grössten und umfassendsten Massen verschiedenartiger Thatsachen zu einem einheitlichen Ganzen verbunden und durch eine gemeinsame Ursache erklärt. Ebenso einfach ist auch der Grundgedanke einer verzweigten Wellenbewegung der Plastidule, die wir als bewirkende mechanische Ursache des biogenetischen Processes betrachten.

Wenn die monistische Naturwissenschaft der Gegenwart an uns mit Recht die Anforderung stellt, alle Natur-Erscheinungen mechanisch zu erklären und mit Ausschluss jeder Teleologie auf „bewirkende Ursachen", auf „causae efficientes" zurückzuführen, so wird dieser ersten Anforderung durch unsere Perigenesis-Theorie genügt. Denn rein mechanisch sind die Principien von der übertragenen Massenbewegung und von der Erhaltung der Kraft, welche derselben zu Grunde liegen. Rein mechanisch ist auch das Princip der Autogonie, welches den ersten Anstoss zu dieser übertragenen Bewegung aus jenen Atom-Bewegungen herleitet, die bei der Bildung der ersten Plastidule stattfinden und deren eigenthümliche Plastidul-Bewegung bewirken. Auf die Uebertragung dieser Plastidul-Bewegung konnten wir die Vererbung, auf die Abänderung

derselben die Anpassung zurückführen, die beiden Haupt-Factoren der organischen Formbildung. So fügt sich der biogenetische Process, als eine besondere und höchst verwickelte Form der periodischen Massen-Bewegung, ohne Zwang in den gesetzmässigen Gang des gesammten Weltprocesses ein, und die bewirkende Ursache desselben ist die Perigenesis der Plastidule.

Erklärung des Titelbildes.

Das Schema der Perigenesis, das diese Tafel darstellt, soll in einfachster Form die verwickelten Beziehungen versinnlichen, welche bei jedem organischen Entwickelungs-Process zwischen den Descendenten einer gemeinsamen Stammform durch die Wechselwirkung der Vererbung und Anpassung bedingt werden. Die übertragene Bewegung der Plastidule, welche die Vererbung bewirkt, ist durch rothe Wellenlinien angedeutet; hingegen der Einfluss der äusseren Existenz-Bedingungen, welcher durch Abänderung der übertragenen Plastidul-Bewegung die Anpassung bewirkt, durch schwarze Wellenlinien. Die Verschiedenheit der äusseren Existenz-Bedingungen, denen jedes organische Individuum sich anpassen muss, ist durch die verschiedene Form der schwarzen Körper angedeutet, hingegen die dadurch bewirkte Verschiedenheit der inneren Plastidul-Bewegung durch die verschiedene schwarze Schraffirung der rothen Kugeln. Je zwei kleine Kugeln sind durch Theilung der darunter befindlichen grossen Kugel entstanden. Dieses Verhältniss ist der Einfachheit halber angenommen und bis zur fünften Generation fortgeführt. Das Schema passt ebenso wohl auf die Furchungszellen, welche sich bei der regelmässigen totalen Ei-Furchung durch fortgesetzte Zweitheilung vermehren, wie auf die entsprechende Stammesgeschichte einer einzelligen Stammform. Aber auch in dem Stammbaum jedes höheren, vielzelligen Organismus erscheint ebenso die individuelle Plastidul-Bewegung jedes einzelnen Individuums als das Product aus der durch Vererbung übertragenen und der durch Anpassung abgeänderten Wellenzeugung der Lebenstheilchen.

Ueber die

Urkunden der Stammesgeschichte.

Vortrag

gehalten am 3. März 1876

in der medicinisch-naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Jena.

„Gieb nach dem löblichen Verlangen
Von vorn die Schöpfung anzufangen!
Zu raschem Wirken sei bereit!
Da regst du dich nach ew'gen Normen
Durch tausend, aber tausend Formen,
Und bis zum Menschen hast du Zeit."

Goethe.

Der befruchtende Einfluss, welchen die neu erstandene Entwickelungslehre seit achtzehn Jahren auf die verschiedensten Gebiete der Wissenschaft, und vor allen der Naturgeschichte ausübt, hat auf keinem derselben rascher gewirkt und reichere Früchte hervorgerufen, als auf dem Gebiete der organischen Morphologie, der Formenlehre der Thiere und Pflanzen. Hier sind zunächst in Folge der neu begründeten Abstammungslehre verschiedene wichtige Zweige der Forschung, welche bis dahin mehr oder minder getrennt neben einander liefen, in die innigste Verbindung und Wechselwirkung getreten. Innere und äussere Formbetrachtung, vergleichende Anatomie und Systematik, Embryologie und Paläontologie haben sich in dem erklärenden Lichte der Descendenz-Theorie als innig verbundene Wissenschaftsfächer erkannt, welche auf verschiedenen Wegen nach einem und demselben Ziele hinstreben, nach dem Verständniss der organischen Formen durch die Erkenntniss ihrer historischen Entstehung. Daraus aber hat sich eine neue Wissenschaft entwickelt, welche unmittelbar die Erkenntniss dieser ursprünglichen Entstehung im genealogischen Zusammenhange der blutsverwandten Thiere und Pflanzen anstrebt, und welche in dem Stammbaum derselben das wahre „natürliche System" der Formen zu entdecken trachtet; diese neue Wissenschaft ist die Stammesgeschichte oder Phylogenie.

Jede neue Wissenschaft hat zunächst mit der Missgunst und Eifersucht ihrer älteren Schwestern zu kämpfen, welche von ihr eine Beeinträchtigung ihrer älteren, wohlerworbenen Rechte fürchten, und zwar um so mehr, je höher die Aufgaben sind, welche sich der neue Ankömmling stellt, je weiter der Wirkungskreis, den er für sich zu gewinnen strebt. Da gilt es denn, die junge Kraft im harten Kampfe um's Dasein zu bewähren

und gleich der jungen Keimpflanze im dichtbesäten Felde, Bodenraum, Licht und Luft den neidischen Schwestern abzuringen. So hat eine der jüngsten und hoffnungsvollsten Wissenschaften, die vergleichende Sprachforschung, erst in heissem Kampfe mit den älteren Disciplinen der Philologie sich ihre Geltung erringen müssen. Und so ist auch der Stammesgeschichte, deren Ziele und Wege denen der vergleichenden Sprachforschung nahe verwandt sind, jener nothwendige Kampf um's Dasein nicht erspart geblieben.

Als wir vor zehn Jahren in der „generellen Morphologie" den ersten Versuch wagten, Begriff und Aufgabe der Stammesgeschichte festzustellen, Ziele und Wege der Phylogenie abzustecken, da begegnete dieser Versuch fast überall nur Misstrauen und Achselzucken, vielfach Hohn und Anfeindung. Wie will diese anspruchsvolle Stammesgeschichte die Geheimnisse der organischen Schöpfung enthüllen? Wie will sie die Abstammung der zahllosen Thier- und Pflanzen-Gestalten von einfachsten gemeinsamen Stammformen nachweisen? Wie will sie den hypothetischen Stammbaum der Organismen begründen? Und welche Urkunden stehen ihr bei dieser prähistorischen Geschichtsforschung zu Gebote? Solche und ähnliche Zweifel an der Möglichkeit, geschweige denn am Erfolge der phylogenetischen Forschung wurden überall laut, und wer nicht näher mit dem Gebiete der organischen Morphologie und mit dem ungeheuren Metall-Vorrath ihres noch ungeprägten Wissensschatzes vertraut war, der konnte unser Beginnen gleich von vornherein für hoffnungslos und verfehlt erklären.

Und wie liegt die Sache heute, nachdem kaum zehn Jahre verflossen sind? Nun, wir dürfen wohl mit den Erfolgen dieses ersten Decenniums der Phylogenie recht zufrieden sein und uns das Gefühl des entscheidenden Sieges über unsere Gegner wohl gönnen! Nicht allein ist die Stammesgeschichte allgemein in der „Naturgeschichte", in der Biologie zu selbstständiger Geltung und Anerkennung gelangt, nicht allein bilden phylogenetische Vorstellungen und Grundsätze bereits einen wesentlichen Bestandtheil der besten Lehr- und Handbücher, sondern auch zahlreiche werthvolle Special-Forschungen über einzelne Aufgaben der Phylogenie sind bereits begonnen und haben theilweise schon

die glänzendsten Resultate zu Tage gefördert. Ja, wir erleben schon heute den Triumph, dass viele unserer Gegner sich völlig bekehrt haben und den schwierigen, von uns zuerst betretenen, von ihnen für ungangbar erklärten Pfad nunmehr selbst verfolgen. Die tüchtigsten Zoologen und Botaniker aber haben die phylogenetische Methode einstimmig angenommen und durch Anwendung derselben bereits Erfolge erlangt, deren sie ohne dieselbe nimmermehr theilhaftig geworden wären. Ja sogar die „berüchtigten“ Stammbäume, deren sich die phylogenetische Specialforschung mit grossem Nutzen als des einfachsten, klarsten und übersichtlichsten Ausdrucks ihrer heuristischen Hypothesen bedient, sind zu unerwartet rascher Anerkennung gelangt und werden allgemein in der Morphologie verwerthet. Zwar fehlt es auch heute noch nicht an Stimmen, welche alle diese phylogenetischen Bestrebungen für leere Spielereien halten, und noch kürzlich konnten wir aus dem Munde angesehener Physiologen hören, dass unsere „Stammbäume etwa so viel werth sind, wie in den Augen der historischen Kritik die Stammbäume homerischer Helden“. Allein diese und ähnliche wegwerfende Aeusserungen beweisen nur, dass die betreffenden Physiologen mit dem gegenwärtigen Zustande der Morphologie völlig unbekannt sind und von deren Inhalt und Bedeutung gar keine Vorstellung haben. Auch ist zwischen den Zeilen der stille Kummer zu lesen, dass die Physiologie in ihrer heutigen einseitigen Richtung die Abstammungslehre nicht zu gebrauchen versteht, während die Morphologie mittelst derselben die grössten Resultate erzielt hat. So wenig aber solche Ignoranten-Urtheile die Bedeutung der vergleichenden Anatomie schmälern, die seit 70 Jahren, oder der Systematik, die seit 140 Jahren feste Wurzel gefasst und Tausende fleissiger Arbeiter beschäftigt hat, so wenig wird dadurch der Werth der Phylogenie beeinträchtigt, welche zugleich das jüngste und das hoffnungsvollste Kind der wissenschaftlichen Morphologie ist.

Immerhin ist auch heute noch die Werthschätzung der Stammesgeschichte, sowohl in den engeren Kreisen der morphologischen Fachgenossen, als auch in den weiteren Kreisen der gebildeten Laien sehr verschieden, und namentlich gehen die Ansichten darüber weit auseinander, welchen Werth die empi-

rischen Urkunden der Phylogenie, und welche Sicherheit demgemäss die darauf gegründeten Hypothesen und Stammbäume besitzen. Daher erscheint es wohl angemessen, an diesem Orte einen prüfenden Blick auf die Urkunden der Stammesgeschichte zu werfen und zu fragen, wie weit wir uns beim Ausbau unserer phylogenetischen Hypothesen auf „handgreifliche Thatsachen" stützen können. Zwar haben wir unsere Ansichten über Werth und Bedeutung der verschiedenen „Schöpfungs-Urkunden" schon in unserer „natürlichen Schöpfungsgeschichte" (VI. Aufl., 15. Vortrag) und „Anthropogenie" (III. Aufl., 15. Vortrag) ausgesprochen. Allein gerade in neuester Zeit gehen die Ansichten anderer Naturforscher darüber noch sehr auseinander und ist es daher nicht überflüssig, die einseitige Ueberschätzung oder Unterschätzung der wichtigsten Urkunden auf ihren wahren Werth zurückzuführen.

Im Grunde genommen giebt es eigentlich kein Gebiet der „Naturgeschichte", welches uns nicht mehr oder minder werthvolle Urkunden für unsere Stammesgeschichte lieferte. Nicht allein alle Zweige der Morphologie, sondern auch verschiedene Zweige der Physiologie — z. B. die Chorologie, die Lehre von der geographischen und topographischen Verbreitung der Organismen — liefern uns Thatsachen, welche wir mittelbar oder unmittelbar für die Phylogenie verwerthen können. Aber vor allen anderen Wissenschafts-Zweigen treten doch drei als die vornehmsten und wichtigsten Stammesurkunden in den Vordergrund: Die vergleichende Anatomie, Ontogenie und Paläontologie.

Als die zuverlässigste und nächstliegende aller Schöpfungs-Urkunden gilt noch heute vielfach die Paläontologie, die Versteinerungslehre. Denn die „Versteinerungen oder Petrefacten" von Thieren und Pflanzen, die wir in den Sedimentgesteinen, d. h. in den aus dem Wasser abgelagerten Schichten unserer Erdrinde vorfinden, sind ja wirklich die versteinerten Reste oder Abdrücke von jenen längst ausgestorbenen Organismen, die vor Hunderttausenden und vor vielen Millionen von Jahren unseren Erdball bevölkerten. Unter diesen müssen sich also, der Entwickelungslehre entsprechend, theils die wirklichen Vorfahren der heute noch lebenden Thier- und Pflanzenarten,

theils nähere oder entferntere Verwandte jener ausgestorbenen Vorfahren befunden haben. Daher setzen denn auch viele Naturforscher, und namentlich solche, welche gern möglichst sicher und exact gehen wollen, aber auch solche, welche der Paläontologie ferner stehen, auf sie die grössten Hoffnungen und betrachten sie als die einzige zuverlässige Urkunde der Stammesgeschichte.

Wie höchst bedeutungsvoll und wichtig die Versteinerungen als die wirklichen „Denkmünzen der Schöpfung“ sind, das ist heute allgemein anerkannt. Sie allein belehren uns unmittelbar über das Auftreten und den historischen Formenwechsel der verschiedenen Thier- und Pflanzen-Klassen in der langen Reihenfolge der Schöpfungs-Perioden, die sich auf Millionen von Jahren beziffern. Sie allein zeigen uns handgreiflich, welchen Reichthum verschiedener Arten die einzelnen Gruppen des Thier- und Pflanzenreichs in den verschiedenen Abschnitten der Erdgeschichte enthalten. Sie allein setzen uns in den Stand, uns ein allgemeines Bild von der charakteristischen Physiognomie der Thier- und Pflanzen-Bevölkerung in den verschiedenen Geschichts-Epochen unseres Planeten zu entwerfen. Endlich werden wir auch allein durch die Versteinerungen darüber belehrt, wie die specielle Stammesgeschichte einzelner Arten und Gattungen, der detaillirte Stammbaum der Species und Genera, Stufe für Stufe und Zweig für Zweig zu verfolgen ist. So sind wir z. B. neuerdings durch überraschende paläontologische Entdeckungen in den Stand gesetzt worden, den Stammbaum unseres Pferdes bis zu tapirartigen Vorfahren hinab Schritt für Schritt zu erkennen. Ebenso können wir auch die Ahnen-Reihe unseres Rindes und unseres Schweines mit mehr oder minder Sicherheit eine Strecke weit speciell verfolgen. Auch die Stammesgeschichte vieler kalkschaligen Mollusken, namentlich der Ammoniten, ist so bis zu einem befriedigenden Grade der Sicherheit im Einzelnen erkannt worden.

Aber solche glänzende und handgreifliche phylogenetische Resultate der Paläontologie sind leider nur sehr seltene Ausnahmen, und im Allgemeinen können wir sagen, dass *der phylogenetische Urkunden-Werth der Paläontologie weit überschätzt wird.* Denn so werthvoll und unersetzlich diese

nächste und sicherste aller Schöpfungs-Urkunden einerseits an sich auch ist, so sehr verliert sie andrerseits an Werth durch ihre ausserordentliche Unvollständigkeit. Diese beruht theils auf der Beschaffenheit der Organismen, theils auf derjenigen der Gesteine, in denen sie uns ihre versteinerten Reste und Abdrücke hinterlassen, theils auf der Natur des Versteinerungs-Processes selbst. Die grosse Mehrzahl aller organischen Formen ist so weich und zart, oder lebt unter solchen Verhältnissen, dass sie nur selten oder nie eine brauchbare Versteinerung hinterlassen kann. Ueber zahlreiche Classen von Thieren und Pflanzen, über die weichen Keime und Jugendzustände aller Organismen erfahren wir daher durch die Paläontologie Nichts oder fast Nichts. Aber auch die harten und festen Theile, welche allein der Versteinerung fähig sind, die Skelettheile, sind in den verschiedenen Thiergruppen von sehr verschiedenem Werthe. Daher sind uns z. B. die Versteinerungen der Wirbelthiere, Weichthiere und Sternthiere sehr werthvoll, während die versteinerten Ueberbleibsel und Abdrücke der meisten Insecten, Würmer und Pflanzenthiere (die Korallen ausgenommen) von sehr geringer Bedeutung sind.

Zu diesen grossen Mängeln der paläontologischen Stammes-Urkunde kommt ferner noch der Umstand, dass alle älteren Sedimentgesteine, alle vor der silurischen und cambrischen Zeit abgelagerten Formationen, ganz oder grösstentheils durch den Einfluss des glühendflüssigen Erdinnern in einen krystallinischen Zustand versetzt oder „metamorphosirt“ sind, so dass sie nur sehr wenige (oder gar keine) erkennbaren Versteinerungen mehr enthalten. Daher dürfen wir von allen Ablagerungen der laurentischen Periode, jener ungeheuer langen Geschichts-Periode, in der die organische Welt sich zu entwickeln begann und bis zur Sonderung der grösseren Hauptgruppen des Thier- und Pflanzen-Reichs vorschritt, überhaupt keinen Aufschluss von den Versteinerungen erwarten, und solche laurentische Petrefacten, wie das bedeutungsvolle und vielbesprochene Eozoon, sind leider nur seltene Ausnahmen. Uebrigens finden sich auch in vielen anderen Formationen, welche zahlreiche Petrefacten enthalten, die letzteren in so schlechtem und unkenntlichem Erhal-

tungs-Zustande, dass sie für unsere Stammesgeschichte ohne Werth sind.

Diese und andere Verhältnisse, welche in der Natur der Organismen und des Versteinerungs-Processes, sowie in den Bedingungen der Gesteinbildung selbst begründet sind, drücken die Bedeutung der paläontologischen Schöpfungs-Urkunde ausserordentlich herab und nöthigen uns zu der Ueberzeugung, dass wir über die grosse Mehrzahl der Thier- und Pflanzen-Arten, die auf unserem Erdball gelebt haben, niemals etwas durch die Versteinerungen erfahren werden. Freilich ist bis jetzt kaum der grössere Theil von Europa und Nord-Amerika genauer in Bezug auf seine Petrefacten untersucht; die übrigen Erdtheile sind grösstentheils noch unerforscht, und wir dürfen erwarten, dass deren genauere paläontologische Untersuchung uns noch mit sehr vielen und wichtigen fossilen Resten bekannt machen wird. Aber in keinem Falle werden dieselben je im Stande sein, alle jene bedauerlichen Lücken auszufüllen und die ganze Stammesgeschichte auf ununterbrochene Reihen von Versteinerungen unerschütterlich fest zu begründen. Dazu bedürfen wir ganz anderer und überzeugenderer Stammes-Urkunden, und diese finden wir theils in der vergleichenden Anatomie, theils in der Ontogenie.

Die vergleichende Anatomie der Thiere und Pflanzen erkennt im innern Bau derselben gewisse charakteristische Verhältnisse, namentlich in der relativen Lagerung und Anordnung der Organ-Systeme, welche allen Angehörigen einer natürlichen Hauptgruppe, eines „Typus", gemeinsam sind, trotz der grössten äusseren Formverschiedenheit. Die Zahl dieser Hauptgruppen oder „Typen" ist im Thierreich wie im Pflanzenreich nur sehr gering; hier werden gewöhnlich nur drei bis vier, dort sechs bis acht Typen unterschieden. Nur innerhalb jedes Typus gilt eine strengere morphologische Vergleichung aller Körpertheile als zulässig; nur innerhalb jedes Typus spricht man von wahrer „Formverwandtschaft". Diese innere und wesentliche Gemeinsamkeit des Körperbaues, welche in merkwürdigem Gegensatze zur Mannigfaltigkeit der äusseren Gestaltung steht, erklärte die ältere vergleichende Anatomie durch die mystische Annahme einer „Einheit des Bauplanes" oder des Schöpfungsplanes. Seit der

Reform der Abstammungslehre hingegen erklären wir dieselbe ganz einfach und naturgemäss durch die gemeinsame Abstammung von einer Stammform. Diese Stammform übertrug alle wesentlichen Characterzüge ihres inneren Körperbaues durch Vererbung mehr oder minder getreu auf sämmtliche Nachkommen, während diese durch fortgesetzte Anpassung die mannigfaltigsten Verschiedenheiten in der äusseren Gestalt und in den unwesentlichen Structur-Verhältnissen erwarben. Jeder „Typus“ wird dadurch zu einem „Stamm oder Phylum“. Die typische Formverwandtschaft wird zur realen (durch Vererbung bedingten) Stammverwandtschaft. Der vergleichenden Anatomie aber fällt die Aufgabe zu, die wahre Formverwandtschaft von der scheinbaren zu unterscheiden, und nachzuweisen, wieviel von der Aehnlichkeit verwandter Formen durch Vererbung von gemeinsamen Stammformen, wieviel durch Anpassung an gleiche Lebens-Bedingungen zu erklären ist. Die morphologische Vergleichung sondert sich dadurch strenger in Homologie und Analogie. Homolog sind ähnliche Organe, welche aus einer und derselben gemeinsamen Stammform durch Umbildung zu verschiedenen Functionen entstanden sind; analog sind ähnliche Organe, welche aus verschiedenen Stammformen durch Anpassung an gleiche Functionen entstanden sind. Homolog sind die Brustflossen der Fische, die Flügel der Vögel, die Vorderbeine der Säugethiere und die Arme des Menschen; analog sind die Flügel der Vögel und der Insecten, oder die Flossen der Fische, der Krebse und der Flossenschnecken, oder die Vorderbeine der Säugethiere und Insecten.

Nun wissen wir schon lange, dass innerhalb jedes Typus oder Phylum (z. B. innerhalb des Wirbelthier-Stammes) lange Stufen-Reihen von niederen zu höheren, von unvollkommenen zu vollkommenen, von einfachen zu zusammengesetzten Formen hinführen. Welche lange Reihe fortschreitender Entwickelung aller Organe, z. B. vom niedersten bis zum höchsten Wirbelthiere, vom Amphioxus bis zum Menschen! Diese Stufenreihen sind aber nicht einfach, leiterförmig, sondern verzweigt, baumförmig, indem von den einfachen gemeinsamen Urformen aus sich die fortschreitende Vervollkommnung nach verschiedenen Richtungen hin in verschiedener Weise vollzieht. Diese baumförmige

Anordnung der verwandten Formen, welche das System der Thier- und Pflanzen-Gruppen unter der ordnenden Hand der vergleichenden Anatomie gewinnt, deutet nun die Entwickelungslehre in realer Weise als den Stammbaum derselben. Freilich ist dieser Stammbaum, der das natürliche System der Organismen darstellt, niemals mit absoluter Sicherheit, sondern immer nur annähernd festzustellen; das liegt jedoch in der Natur der Sache und vermindert den Werth desselben nicht.

Darüber gehen nun aber die Ansichten der verschiedenen Morphologen auch noch heutzutage sehr weit auseinander, welchen Werth die vergleichende Anatomie für den Aufbau des natürlichen Systems besitzt und wie weit sie berechtigt ist, dasselbe wirklich als hypothetischen Stammbaum zu gestalten. Einige schreiben ihr hier die höchste, andere die geringste Bedeutung zu, und noch andere, in der Mitte stehend, wollen ihr einen mittleren Grad von Glaubwürdigkeit beimessen. Das liegt wesentlich in der verschiedenen Begabung und Fassungskraft der betreffenden Morphologen. Beschränkte Köpfe und kurzsichtige Beobachter, die sich immer nur an die nächstliegenden und greifbaren Thatsachen halten, sind nicht im Stande grössere Massen von verwandten Form-Erscheinungen so zu überblicken, wie es die vergleichende Anatomie erfordert; sie können auch nicht das Wesentliche vom Unwesentlichen, das Bedeutende vom Zufälligen unterscheiden. Solche enge und kleine Geister (die dabei vortreffliche Special-Arbeiter und Handlanger der Wissenschaft sein können), werden die Bedeutung der vergleichenden Anatomie niemals würdigen und ihr die phylogenetische Anwendung mehr oder minder absprechen. Hingegen wird diese voll und ganz gewürdigt werden von philosophischen Köpfen und von gross angelegten Naturen, welche jenes ganze ungeheure Erscheinungs-Gebiet zu übersehen und dabei das Wesentliche vom Zufälligen zu scheiden im Stande sind. Diese werden die vergleichende Anatomie für die wichtigste von allen Urkunden der Stammesgeschichte halten und ihr beim Aufbau des natürlichen Systems die erste Stelle anweisen.

Aber auch diese Schöpfungs-Urkunde, so werthvoll sie unstreitig ist, hat ihre Mängel, und diese sind wieder zunächst in der Unvollständigkeit des Materials begründet; dann aber

auch in der Schwierigkeit, überall klar Homologie und Analogie zu unterscheiden. Sehr viele wichtige Verbindungs-Glieder zwischen heutigen Lebensformen sind längst ausgestorben und wir müssen die bestehende Lücke durch Vermuthungen ausfüllen. Sehr viele anatomische Form-Verhältnisse sind so verwickelt, dass sie überhaupt sehr schwer phylogenetisch zu erklären sind. So sehr wir daher auch die Bedeutung der vergleichenden Anatomie als wichtigster Stammes-Urkunde würdigen, und so sehr wir selbst der Ansicht sind, dass dieselbe kaum überschätzt werden kann, so sehr müssen wir doch andererseits vor einer ganz ausschliesslichen und einseitigen Verwendung derselben warnen. Und wenn neuerdings behauptet worden ist, dass der vergleichenden Anatomie in phylogenetischen Fragen überall das erste Wort und die entscheidende Stimme zukomme, so können wir diese Ansicht nicht theilen. Vielmehr sind wir der Ansicht, dass in vielen — und gerade in vielen der wichtigsten — Fragen von noch höherer Bedeutung und von entscheidendem Werthe die dritte unserer drei Haupt-Urkunden ist, die Ontogenie.

Die Ontogenie oder Keimesgeschichte, wie wir kurz die „individuelle Entwickelungsgeschichte" nennen, wird in ihrem Werthe als Schöpfungs-Urkunde heute sehr oft in ähnlichem Maasse unterschätzt, wie die Paläontologie überschätzt wird. Ja wir erleben sogar das sonderbare Schauspiel, dass viele „Embryologen", viele Special-Forscher, welche das Studium der Keimesgeschichte zu ihrer Hauptaufgabe gemacht haben, derselben jeden phylogenetischen Werth absprechen. Und doch wird derjenige, welcher diese Wissenschaft mit Verständniss betreibt, und welcher sich nicht mit der unterhaltenden Beobachtung der ontogenetischen Thatsachen begnügt, sondern nach ihren phylogenetischen Ursachen fragt, sicher zu der Ueberzeugung gelangen, dass die Ontogenie zu den wichtigsten und bedeutungsvollsten Urkunden der Stammesgeschichte gehört. Aber freilich ist hier ebenso, wie bei der vergleichenden Anatomie, unerlässlich, die empirischen Forschungen mit philosophischem Geiste zu betreiben und inmitten der bunten Erscheinungs-Welt nach den gemeinsamen Grundzügen der mannigfaltigen Entwickelungsformen zu suchen. Hier wie dort ist es vor Allem erforderlich, das Wesentliche vom Unwe-

sentlichen, das Bedeutende vom Zufälligen scharf und klar zu trennen.

Die phylogenetische Bedeutung der Ontogenie — der Werth der Keimesgeschichte als Stammesurkunde — ist zunächst darin begründet, dass jeder Organismus bei seiner Entwickelung aus dem Ei eine Reihe von Formen durchläuft, welche in ähnlicher Reihenfolge seine Vorfahren im langen Verlaufe der Erdgeschichte durchlaufen haben. Die Keimesgeschichte gestaltet sich daher zum Miniaturbilde oder zum Auszuge der Stammesgeschichte. Diese Vorstellung bildet den Inhalt unseres biogenetischen Grundgesetzes, welches wir als das wahre „Grundgesetz der organischen Entwickelung" an die Spitze der Entwickelungsgeschichte stellen müssen und welches wir als das höchste Erklärungs-Princip für deren Verständniss für unentbehrlich halten. Jeder Fortschritt in der Stammesgeschichte, den unsere Vorfahren durch Anpassung an neue Lebensbedingungen bewirkten, und der eine neue Ahnenform in's Dasein rief, wird durch Vererbung in der entsprechenden Keimesgeschichte noch heute wiederholt; und wie noch heute jedes organische Individuum aus einer einfachen Eizelle seinen Ursprung nimmt, so ist auch die gemeinsame Stammform aller Arten eines Stammes ursprünglich eine einfache Zelle gewesen.

Nun ist freilich nur in seltenen Fällen, nur bei wenigen niederen Organismen, die Wiederholung (oder Recapitulation) der Stammesgeschichte, die wir in der Keimesgeschichte mit Augen sehen, ganz vollständig. In der grossen Mehrzahl der Fälle ist diese Wiederholung stark abgekürzt, oft auch abgeändert und sehr häufig ganz verunstaltet. Das liegt daran, dass die jugendlichen Keime selbst von Anbeginn der Entwickelung an dem umgestaltenden Einflusse der äusseren Existenz-Bedingungen unterliegen und diesen sich anpassen. Durch diese „embryonalen Anpassungen" werden ganz neue Bildungs-Elemente in den individuellen Entwickelungs-Lauf eingeführt, welche den ursprünglichen Entwickelungsgang mehr oder weniger abändern. Insbesondere findet sehr häufig — um so mehr, je höher sich der Organismus entwickelt — eine Abkürzung der ursprünglichen Wiederholung statt, indem einzelne oder viele Entwickelungsstufen ausfallen; anderemale freilich können auch

umgekehrt ganz neue Gestaltungen in die ererbte Gestalten-Kette eingeschaltet werden. Wir können alle diese späteren Abänderungen des ursprünglichen, *palingenetischen* Entwickelungsganges mit einem Wort kurz als „Fälschungen", als *cenogenetische* Modificationen desselben bezeichnen.

Demnach zerfallen alle Erscheinungen, welche wir im Laufe der individuellen Entwickelung der Thiere und Pflanzen, von der Eizelle an bis zur vollendeten Ausbildung der Gestalt, wahrnehmen, in zwei grosse Gruppen, in *palingenetische* (oder auszugsgeschichtliche) und in *cenogenetische* (oder fälschungsgeschichtliche) Thatsachen. Nur die ontogenetischen Thatsachen der *Palingenie* oder der „Auszugsgeschichte" sind unmittelbar als Urkunden der Stammesgeschichte zu verwerthen und auf entsprechende Vorgänge in der Phylogenie zu beziehen. Hingegen haben die ontogenetischen Erscheinungen der *Cenogenie* oder der „Fälschungsgeschichte" nicht nur keine solche phylogenetische Bedeutung, sondern sind gerade umgekehrt Irrlichter, deren falschem Scheine zu folgen wir uns wohl hüten müssen. Das biogenetische Grundgesetz müssen wir daher jetzt schärfer mit folgenden Worten formuliren: „*Die Keimesgeschichte ist ein Auszug der Stammesgeschichte; um so vollständiger, je mehr durch Vererbung die Auszugsentwickelung beibehalten wird, um so weniger vollständig, je mehr durch Anpassung die Fälschungsentwickelung eingeführt wird.*" Wie das so formulirte Grundgesetz der organischen Entwickelung seine Verwendung findet, und wie wir mit seiner Hülfe aus den unmittelbar zu beobachtenden Erscheinungen der Keimesgeschichte die wichtigsten Schlüsse auf die hypothetischen Vorgänge der Stammesgeschichte ziehen können, das haben wir uns bemüht an dem Beispiele des Menschen in unserer „*Anthropogenie*" nachzuweisen.

Wenn wir nun auch demgemäss die Ontogenie oder die Keimesgeschichte für die wichtigste und unentbehrlichste von allen Urkunden der Stammesgeschichte halten, so wollen wir damit doch keineswegs den hohen Werth schmälern, welchen auch die anderen Urkunden und vor allen die vergleichende Anatomie besitzen. Ohne die Hülfe der letzteren würden wir die Erschei-

nungen der Keimesgeschichte nicht entfernt so klar zu verstehen und so sicher zu verwerthen im Stande sein, wie es thatsächlich der Fall ist. Vergleichende Anatomie und Ontogenie ergänzen sich gegenseitig in der glücklichsten Weise und füllen ihre Lücken wechselseitig aus. Wenn daher neuerdings einige Morphologen ausschliesslich die vergleichende Anatomie und andere die vergleichende Keimesgeschichte als einzige sichere Urkunde der Stammesgeschichte betrachten, so müssen wir beide Standpunkte für gleich einseitig und mangelhaft halten. Nur durch volle und gleichmässige Berücksichtigung beider Haupturkunden werden wir in den Stand gesetzt, die Stammesgeschichte der Organismen zu erkennen. Freilich setzt das aber voraus, dass man mit den reichen empirischen Schätzen beider Wissenschaften gleichmässig vertraut ist, und das ist eben bei jenen einseitigen Naturforschern nicht der Fall.

Soviel steht gegenwärtig unzweifelhaft fest, dass uns für den Ausbau der Stammesgeschichte ein äusserst reichhaltiger Schatz von empirischen Urkunden, von sicheren Erfahrungs-Kenntnissen zu Gebote steht, der nur gehoben und verwerthet zu werden braucht, um in seiner vollen Bedeutung erkannt zu werden. Nicht darum handelt es sich, neue und unbekannte Quellen für die Stammesgeschichte der Organismen — und also auch des Menschen — zu entdecken, sondern darum, die vorhandenen Quellen zu verstehen und auszubeuten. Reichere und bedeutungsvollere Quellen als die vergleichende Anatomie und Ontogenie werden niemals entdeckt werden, und mit ihrer Hülfe allein schon sind wir im Stande, die neue Wissenschaft der Phylogenie zu begründen, selbst wenn wir ganz auf die weniger bedeutenden Quellen verzichten, welche uns aus der Paläontologie, aus der Chorologie und anderen Hülfswissenschaften fliessen. Wenn aber Manche — und darunter selbst einzelne namhafte Naturforscher — meinen, dass die ganze Stammesgeschichte ein Luftschloss und die Stammbäume leere Phantasie-Spiele seien, so bekunden sie damit nur ihre Unkenntniss jener reichen empirischen Erkenntniss-Quellen.

Ziele und Wege der Phylogenie sind dieselben, wie die der Geologie. Und wie sich die „hypothetische" Entwickelungsgeschichte der Erde auf Grund ihrer empirischen Urkunden

zu einem eben so festen als glänzenden wissenschaftlichen Hypothesen-Bau gestaltet hat, so wird dasselbe auch ihrer jüngeren Schwester, der Stammesgeschichte der Organismen gelingen. So wenig als die letztere, so wenig kann und wird sich auch jemals die erstere zu einer wirklich „exacten" Naturwissenschaft gestalten. Denn die historischen Vorgänge, deren Zusammenhang beide Wissenschaften zu ergründen streben, haben sich viele Millionen von Jahren hindurch vollzogen und sind unserer unmittelbaren Beobachtung gänzlich entrückt. Daher sind sowohl die Geologie als die Phylogenie der Natur der Sache nach „historische Naturwissenschaften". Aber der Hypothesen-Bau der letzteren wie der ersteren stützt sich auf eine Fülle der sichersten Urkunden. Und wie der Werth der geologischen Urkunden heute allgemein anerkannt und für die Entwickelungsgeschichte des Erdballs benutzt wird, so vollzieht sich auch täglich mehr die Anerkennung des unschätzbaren Werthes, welchen unsere morphologischen Urkunden für die Stammesgeschichte der Organismen besitzen.

Ueber

die heutige Entwickelungslehre

im Verhältnisse zur

Gesammtwissenschaft.

Vortrag

gehalten am 18. September 1877
in der ersten öffentlichen Sitzung der fünfzigsten Versammlung
Deutscher Naturforscher und Aerzte in München.

„Priester werden Messe singen,
Und die Pfarrer werden pred'gen;
Jeder wird vor allen Dingen
Seiner Meinung sich entled'gen,
Und sich der Gemeine freuen,
Die sich um ihn her versammelt,
So im Alten wie im Neuen
Ohngefähre Worte stammelt.
Und so lasset auch die Farben
Mich nach meiner Art verkünden,
Ohne Wunden, ohne Narben,
Mit der lässlichsten der Sünden."

Goethe.

Hochansehnliche Versammlung!

An dem festlichen Tage, der uns heute hier zur Eröffnung der fünfzigsten Deutschen Naturforscher-Versammlung vereinigt, darf vor Allem die universale Gesammtwissenschaft ihr Verhältniss zu unseren besonderen Forschungsgebieten geltend machen. Indem die Gebildeten aller Kreise den erstaunlichen Fortschritten der Naturforschung mit regster Theilnahme folgen, dürfen sie an einem solchen Tage mit besonderem Rechte die Frage aufwerfen, welche allgemeinen Ergebnisse dieselbe für das Gesammtgebiet der menschlichen Bildung geliefert hat. Wenn ich daher heute der ehrenvollen, mir gewordenen Aufforderung Folge leiste und mir Ihre geneigte Aufmerksamkeit für kurze Zeit erbitte, so glaube ich keinen passenderen Gegenstand für unsere gemeinsame Betrachtung wählen zu können, als das Verhältniss der Gesammtwissenschaft zu dem mir am nächsten liegenden Forschungszweige, der Entwickelungslehre.

Seit mehr als einem Decennium nimmt ja keine andere Lehre die allgemeine Theilnahme so lebhaft in Anspruch, keine andere greift so tief in unsere wichtigsten Ueberzeugungen ein, als die neu erstandene Entwickelungslehre und die damit verknüpfte monistische Philosophie. Denn einzig und allein durch sie ist „die Frage aller Fragen“ zu lösen, die fundamentale „Frage von der Stellung des Menschen in der Natur“. Wie der Mensch das Maass aller Dinge ist, so müssen natürlich auch die letzten Grundfragen und die höchsten Principien aller Wissenschaft von der Stellung abhängen, welche unsere fortgeschrittene Naturerkenntniss dem Menschen selbst in der Natur anweist.

Bekanntlich ist es Charles Darwin, welchem unsere heutige Entwickelungslehre diese beherrschende Stellung in

erster Linie verdankt[1]). Denn er war es, der vor 18 Jahren die starre Eisdecke der herrschenden Vorurtheile zuerst durchstiess, beseelt von demselben Grundgedanken einer einheitlichen Weltentwickelung, welcher vor hundert Jahren unsere grössten Denker und Dichter bewegte, an ihrer Spitze Immanuel Kant und Wolfgang Goethe[2]). Durch Aufstellung seiner Selectionstheorie, der Lehre von der natürlichen Züchtung im Kampfe um's Dasein, vermochte Darwin namentlich den wichtigsten biologischen Theil der allgemeinen Entwickelungslehre fest zu begründen, die schon im Anfang unseres Jahrhunderts aufgetauchte Abstammungslehre oder Descendenz-Theorie. Vergeblich hatte damals die ältere Naturphilosophie den Kampf für letztere begonnen; weder Lamarck[3]) und Geoffroy S. Hilaire in Frankreich, noch Oken und Schelling in Deutschland vermochten ihr zum Siege zu verhelfen. Es sind jetzt gerade fünfzig Jahre, seit Lorenz Oken hier in München seine akademischen Vorträge über Entwickelungslehre begann, und so ziemt es uns hier wohl heute, einen Lorbeerkranz auf das Grab dieses tiefblickenden Zoologen und begeisterten Philosophen zu legen. War es ja doch auch Oken, der von wissenschaftlichem Einheitsdrange beseelt 1822 von Jena aus die erste Deutsche Naturforscher-Versammlung zusammen berief, und dem schon deshalb der besondere Dank dieser fünfzigsten Versammlung gebührt[4]).

Aber nur den allgemeinen Bauplan und den ersten Grundriss für den gewaltigen Bau der einheitlichen Entwickelungslehre vermochte damals die Naturphilosophie zu entwerfen. Die Bausteine zu seiner Ausführung sammelte erst der emsige Ameisenfleiss des folgenden halben Jahrhunderts. Eine ungeheure Literatur und eine bewunderungswürdige Vervollkommnung der Forschungsmethoden legt von den erstaunlichen Fortschritten der empirischen Naturkunde während dieses Zeitraums das glänzendste Zeugniss ab. Aber freilich führte auch die unermessliche Erweiterung des empirischen Beobachtungsfeldes und die dadurch bedingte specielle Arbeitstheilung oft zu einer verderblichen Zersplitterung der Kräfte; das höhere Ziel der Erkenntniss allgemeiner Gesetze wurde über dem näheren Interesse an der Beobachtung des Einzelnen meist ganz vergessen.

So konnte es geschehen, dass während der höchsten Blüthe dieser streng empirischen Naturforschung, vom Jahre 1830—1859, also volle dreissig Jahre hindurch, die beiden Hauptzweige der eigentlichen Natur-Geschichte von völlig entgegengesetzten Grundsätzen ausgingen. In der Entwickelungsgeschichte der Erde brach sich seit 1830, seit dem Erscheinen von Lyell's Principien der Geologie, immer allgemeiner die Ueberzeugung Bahn, dass unser Planet weder durch einen übernatürlichen Schöpfungsact entstanden, noch durch eine Reihe von totalen Revolutionen mystischen Ursprunges hindurchgegangen sei; dass vielmehr eine allmähliche ununterbrochene Entwickelung seine natürliche Ausbildung von Stufe zu Stufe bedingt habe. In der Entwickelungsgeschichte der lebendigen Erdbewohner hingegen behielt der alte vernunftwidrige Mythus allgemeine Geltung, wonach alle einzelnen Thier- und Pflanzen-Arten, gleich dem Menschen, unabhängig von einander erschaffen und eine Reihe solcher Schöpfungen ohne genetischen Zusammenhang auf einander gefolgt sei[5]). Der grelle Widerspruch zwischen beiden Lehren, zwischen der naturgemässen Entwickelungstheorie der Geologen und dem übernatürlichen Schöpfungsmythus der Biologen, wurde erst 1859 durch Darwin zu Gunsten der ersteren entschieden. Seitdem erkennen wir klar, dass die Gestaltung und Formenwandlung der lebendigen Bewohner unseres Erdballs denselben ewigen grossen Gesetzen mechanischer Entwickelung folgt, wie diejenige der Erde selbst und des ganzen Weltsystems.

Wir haben heute nicht mehr nöthig, wie es vor vierzehn Jahren auf der Naturforscher-Versammlung in Stettin geschehen musste, die Beweisgründe für Darwin's neue Entwickelungslehre zusammenzustellen[6]). In erfreulichster Weise hat sich seitdem die Erkenntniss ihrer Wahrheit allgemein Bahn gebrochen. In demjenigen Gebiete der Naturforschung, in welchem sich meine eigenen Arbeiten bewegen, im weiten Reiche der organischen Formenlehre oder Morphologie, ist sie bereits als wichtigste Basis überall anerkannt. Vergleichende Anatomie und Keimesgeschichte, systematische Zoologie und Botanik können die Abstammungslehre nicht mehr entbehren. Denn nur in ihrem Lichte sind die geheimnissvollen Beziehungen der

zahllosen organischen Formen zu einander wirklich zu erklären, d. h. auf mechanische Ursachen zurückzuführen. Ihre Aehnlichkeit ergiebt sich als natürliche Folge der Vererbung von gemeinsamen Stammformen, ihre Verschiedenheit als nothwendige Wirkung der Anpassung an verschiedene Lebensbedingungen. Nur durch die Abstammungslehre erklären sich ebenso einfach als naturgemäss die Thatsachen der Paläontologie, der Chorologie, der Oekologie[7]); nur durch sie begreifen wir die Existenz der merkwürdigen rudimentären Organe, der Augen welche nicht sehen, der Flügel welche nicht fliegen, der Muskeln welche nicht bewegen; lauter unnütze Körpertheile, welche die früher geltende Teleologie auf's Schneidendste widerlegen. Denn sie beweisen auf's Klarste, dass die Zweckmässigkeit im Bau der organischen Formen weder allgemein noch vollkommen ist; dass sie nicht der Ausfluss eines zweckthätigen Schöpfungsplanes, sondern durch das zufällige Zusammentreffen mechanischer Ursachen mit Nothwendigkeit bewirkt ist[8]).

Wer diesen überwältigenden Thatsachen gegenüber noch heute Beweise für die Descendenz-Theorie fordert, der beweist damit selbst nur seinen Mangel an Kenntnissen oder an Einsicht. Vollends verkehrt aber ist es, wenn man dafür exacte oder gar experimentelle Beweise verlangt. Diese oft gehörte Forderung entspringt dem weitverbreiteten Irrthum, dass alle Naturwissenschaft exact sein müsse; man stellt ja auch häufig alle anderen Wissenschaften unter dem Namen der „Geisteswissenschaften" der ersteren gegenüber. Nun ist aber in Wahrheit nur der kleinere Theil der Naturwissenschaft exact, nämlich nur jener der durch Mathematik zu begründen ist; vor Allen also die Astronomie und überhaupt die höhere Mechanik, sodann der grösste Theil der übrigen Physik und der Chemie, auch ein guter Theil der Physiologie, aber nur ein sehr kleiner Theil der Morphologie[9]). In diesem letzteren biologischen Gebiete sind die Erscheinungen viel zu verwickelt und zu variabel, als dass wir überhaupt die mathematische Methode anwenden könnten. Wenn auch die Forderung einer möglichst exacten, womöglich mathematischen Begründung für alle Wissenschaften im Princip bestehen bleibt, so ist sie doch für den weitaus grössten Theil der biologischen Wissensfächer unmöglich durch-

zuführen. Hier tritt vielmehr an die Stelle der exacten, mathematisch-physikalischen die historische, die geschichtlich-philosophische Methode.

Vor Allem gilt das von der Morphologie. Denn das wissenschaftliche Verständniss der organischen Formen gewinnen wir nur durch ihre Entwickelungsgeschichte. Der grosse Fortschritt unserer Zeit auf diesem Gebiete besteht darin, dass wir Begriff und Aufgabe der Entwickelungsgeschichte unendlich weiter fassen als es bis auf Darwin allgemein geschah. Denn bis dahin verstand man darunter nur die Entstehungsgeschichte des organischen Individuums, die wir heute Keimesgeschichte oder Ontogenie nennen. Wenn der Botaniker die Entstehung der Pflanze aus dem Samenkorn, der Zoologe die Ausbildung des Thieres aus dem Ei verfolgte, so glaubte er mit der vollständigen Beobachtung dieser Keimesgeschichte seine morphologische Aufgabe gelöst zu haben. Die grössten Forscher im Gebiete der Entwickelungsgeschichte, Wolf, Baer, Remack, Schleiden, und die ganze von ihnen gebildete Embryologen-Schule, verstand bis vor Kurzem darunter ausschliesslich die individuelle Keimesgeschichte. Ganz anders heute, wo die Mysterien der wunderbaren Keimesgeschichte uns nicht mehr als unverständliche Räthsel gegenüberstehen, sondern ihre tiefe Bedeutung klar offenbart haben. Denn nach den Vererbungsgesetzen sind die Formwandlungen, welche der Keim unter unseren Augen in kürzester Frist durchläuft, eine gedrängte und abgekürzte Wiederholung der entsprechenden Formwandlungen, welchen die Vorfahren des betreffenden Organismus im Laufe vieler Millionen Jahre unterlagen. Wenn wir heute ein Hühner-Ei in die Brütmaschine legen und in 21 Tagen daraus ein Küchlein ausschlüpfen sehen, so staunen wir nicht mehr stumm die wundervollen Verwandlungen an, welche von der einfachen Eizelle zur zweiblättrigen Gastrula, von dieser zum wurmähnlichen und schädellosen Keime und von da zu weiteren Keimformen führen, die im Wesentlichen die Organisation eines Fisches, eines Amphibiums, eines Reptils und zuletzt erst des Vogels zeigen. Vielmehr schliessen wir daraus auf die entsprechende Formenreihe der Vorfahren, welche von der einzelligen Amoebe zur Stammform der Gastraea, und weiterhin

durch die Klassen der Würmer, Schädellosen, Fische, Amphibien, Reptilien bis zu den Vögeln geführt haben. Die Reihe der Keimformen des Hühnchens giebt uns so ein skizzenhaftes Bild von seiner wirklichen Ahnenreihe.

Den unmittelbaren ursächlichen Zusammenhang, welcher dergestalt zwischen der Keimesgeschichte des organischen Individuums und der Stammesgeschichte seiner Vorfahren besteht, formulirt unser biogenetisches Grundgesetz in dem kurzen Satze: Die Keimesgeschichte ist ein Auszug der Stammesgeschichte, bedingt durch die Gesetze der Vererbung[10]. Nur dann erscheint dieser palingenetische Auszug wesentlich gestört, wenn durch Anpassung an die Bedingungen des embryonalen Lebens cenogenetische Veränderungen Platz gegriffen haben[11].

Diese stammesgeschichtliche (oder phylogenetische) Deutung der keimesgeschichtlichen (oder ontogenetischen) Erscheinungen ist bis jetzt die einzige Erklärung der letzteren. Sie erhält aber die wichtigste Bestätigung und Ergänzung durch die Resultate der vergleichenden Anatomie und Paläontologie. Exact oder gar experimentell beweisen lässt sich das freilich nicht. Denn alle diese biologischen Disciplinen sind der Natur der Sache nach historische und philosophische Naturwissenschaften. Ihre gemeinsame Aufgabe ist die Erkenntniss von geschichtlichen Vorgängen, die sich im Laufe vieler Millionen Jahre, lange vor Entstehung des Menschengeschlechts, auf der Oberfläche unseres jugendlichen Planeten abgespielt haben. Die unmittelbare und exacte Erkenntniss derselben liegt also gänzlich ausser dem Bereiche der Möglichkeit.

Nur durch kritische Benutzung der historischen Urkunden, durch eben so umsichtige als kühne Speculation ist hier annähernde Erkenntniss mittelbar möglich. Die Stammesgeschichte benutzt diese Geschichts-Urkunden in derselben Weise und verwerthet sie nach derselben Methode, wie andere historische Disciplinen. Wie der Geschichtschreiber mit Hülfe von Chroniken, Biographien, Briefen uns ein anschauliches Bild einer längst verflossenen Begebenheit entwirft; wie der Archäologe durch das Studium von Bildwerken, Inschriften, Geräthschaften die Erkenntniss von den Culturzuständen eines längst

untergegangenen Volkes erwirbt, wie der Linguist durch vergleichende Untersuchung aller stammverwandten lebenden Sprachen und ihrer älteren Schriftdenkmäler uns deren Entwickelung und Ursprung aus einer gemeinsamen Ursprache nachweist; ganz ebenso gelangt heute der Naturhistoriker durch kritische Benutzung der phylogenetischen Urkunden, der vergleichenden Anatomie, Ontogenie und Paläontologie zur annähernden Erkenntniss der Vorgänge, welche im Laufe ungemessener Perioden den Formenwechsel des organischen Lebens auf unserer Erde veranlasst haben [12]).

Die Stammesgeschichte der Organismen oder die Phylogenie lässt sich daher ebensowenig exact oder experimentell begründen, wie ihre ältere und begünstigtere Schwester, die Geologie. Der hohe wissenschaftliche Werth dieser letzteren ist aber trotzdem jetzt allgemein anerkannt. Nur der Unkundige lächelt heute noch ungläubig bei der Erklärung, dass die gewaltigen Gebirgsmassen der Alpen, deren schneebedeckte Kämme aus weiter Ferne uns entgegen leuchten, weiter nichts seien, als erhärteter Meeresschlamm. Die Structur dieser geschichteten Gebirge und die Beschaffenheit der darin eingeschlossenen Versteinerungen gestattet keine andere Erklärung; und doch lässt sie sich nicht exact beweisen. Ebenso nehmen jetzt alle Geologen übereinstimmend eine bestimmte systematische Reihenfolge der Gebirgsschichten, entsprechend ihrem verschiedenen Alter an; und doch ist dieses Schichtensystem nirgends auf der Erde vollständig vorhanden. Denselben Werth wie diese allgemein anerkannten geologischen Hypothesen dürfen aber auch unsere phylogenetischen Hypothesen beanspruchen. Der Unterschied ist nur der, dass der gewaltige Hypothesenbau der Geologie ungleich vollendeter, einfacher und leichter zu begreifen ist, als derjenige der jugendlichen Phylogenie [13]).

So knüpfen jetzt diese historischen Naturwissenschaften, Geologie und Phylogenie, das einende Band zwischen den exacten Naturwissenschaften einerseits und den historischen Geisteswissenschaften anderseits. Die gesammte Biologie, insbesondere aber die systematische Zoologie und Botanik, wird dadurch zum Range einer wahren Natur-Geschichte erhoben, ein Ehrentitel, den diese Fächer längst führten, aber erst jetzt

verdienen. Wenn dieselben auch heute noch vielfach, sogar officiell[14]), als „beschreibende Naturwissenschaften" bezeichnet und den „erklärenden" gegenüber gesetzt werden, so zeigt das nur, welchen falschen Begriff man bisher von ihrer wahren Aufgabe hatte. Seitdem das „natürliche System" der Organismen als ihr Stammbaum erkannt ist, tritt an die Stelle der todten beschreibenden Systematik die lebendige Stammesgeschichte der Klassen und Arten.

So hoch wir aber auch diesen ungeheuren Fortschritt der Morphologie anschlagen, so würde er doch allein nicht ausreichen, um die ausserordentliche Wirkung der heutigen Entwickelungslehre auf die Gesammtwissenschaft zu erklären. Diese beruht vielmehr, wie bekannt, auf einem einzigen speciellen Folgeschluss der Descendenz-Theorie, auf ihrer Anwendung auf den Menschen. Die uralte Frage von der Herkunft unseres eigenen Geschlechts wird dadurch zum ersten Male in naturwissenschaftlichem Sinne gelöst. Wenn überhaupt die Entwickelungslehre wahr ist, wenn es überhaupt eine natürliche Stammesgeschichte giebt, dann ist auch der Mensch, die Krone der Schöpfung, aus dem Stamme der Wirbelthiere hervorgegangen, aus der Klasse der Säugethiere, aus der Unterklasse der Placentalthiere, aus der Ordnung der Affen. Wenn schon Linné 1735 in seinem grundlegenden System der Natur den Menschen mit den Affen und Fledermäusen in der Ordnung der Primaten vereinigte, wenn alle folgenden Zoologen ihn nicht aus der Säugethier-Klasse zu entfernen vermochten, so lässt sich diese einstimmig anerkannte systematische Stellung phylogenetisch nur als Abstammung von jener Thierklasse deuten[15]).

Vergeblich bleiben alle Versuche, diesen bedeutungsvollsten Folgeschluss der Entwickelungslehre zu erschüttern; vergeblich sucht man dadurch eine besondere Ausnahmestellung für den Menschen zu retten, dass man für ihn eine besondere, vom Wirbelthier-Stammbaum getrennte Ahnenlinie construirt. Die phylogenetischen Urkunden der vergleichenden Anatomie, Ontogenie und Paläontologie sprechen zu deutlich für eine einheitliche Abstammung aller Wirbelthiere von einer einzigen gemeinsamen Stammform, als dass wir heute noch

daran zweifeln könnten. Kein einziger vergleichender Sprachforscher hält es für möglich, dass so verschiedene Sprachen wie die deutsche, russische, lateinische, griechische, indische aus verschiedenen Ursprachen sich entwickelt haben. Vielmehr gelangen alle Linguisten durch kritische Vergleichung des Baues und der Entwickelung dieser verschiedenen Sprachen übereinstimmend zu der Ueberzeugung, dass sie alle aus einer einzigen arischen oder indogermanischen Ursprache hervorgegangen sind[16]). Ganz ebenso drängt sich allen Morphologen die feste Ueberzeugung auf, dass alle Wirbelthiere vom Amphioxus bis zum Menschen hinauf, alle Fische, Amphibien, Reptilien, Vögel und Säugethiere ursprünglich von einem einzigen Urwirbelthier abstammen. Denn es ist undenkbar, dass alle die verschiedenen und höchst verwickelten Lebensbedingungen, welche durch eine lange Reihe von Entwickelungsprocessen zur typischen Wirbelthier-Bildung führten, mehr als einmal im Laufe der Erdgeschichte zufällig zusammengetroffen sind.

Da für unsere heutige Betrachtung nur die allgemeine Vorstellung vom Wirbelthier-Ursprung des Menschen wichtig ist, so wollen wir bei den einzelnen Ahnenstufen unseres Stammbaums nicht länger verweilen. Nur darauf möchten wir beiläufig noch hinweisen, dass mindestens die Hauptstufen desselben gegenwärtig schon als feststehend gelten[17]), Dank den gediegenen Arbeiten unserer ausgezeichnetsten Morphologen, vor Allen Gegenbaur und Huxley[18]). Freilich wird auch heute noch oft angenommen, dass damit bloss die Entstehung des menschlichen Körperbaues, nicht aber diejenige unserer Geistesthätigkeit erklärt sei. Diesem wichtigen Einwurfe gegenüber müssen wir vor Allem an die physiologische Thatsache erinnern, dass unser Seelenleben untrennbar an die Organisation unseres Central-Nervensystems geknüpft ist. Dieses letztere aber ist ebenso zusammengesetzt und entsteht ganz in derselben Weise, wie bei allen höheren Wirbelthieren. Auch sind nach Huxley's Untersuchungen die Unterschiede im Gehirnbau zwischen dem Menschen und den höheren Affen viel geringer, als die entsprechenden Unterschiede zwischen den höheren und niederen Affen. Da nun die Function oder Arbeit eines jeden Organes ohne das Organ selbst nicht denkbar ist,

und da sich die Function überall Hand in Hand mit dem Organ entwickelt, so sind wir auch zu der Annahme gezwungen, dass unsere Seelenthätigkeit sich im Zusammenhang mit der phylogenetischen Ausbildung unseres Gehirnes langsam und stufenweise entwickelt hat.

Uebrigens erscheint uns heute diese bedeutungsvolle „Seelenfrage“ in einem ganz anderen Lichte, als noch vor zwanzig, ja noch vor zehn Jahren. Gleichviel wie man sich auch den Zusammenhang von Seele und Leib, von Geist und Materie vorstellt, so geht so viel aus der heutigen Entwickelungslehre mit voller Klarheit hervor, dass mindestens alle organische Materie — wenn nicht überhaupt alle Materie — in gewissem Sinne beseelt ist. Zunächst hat uns die fortgeschrittene mikroskopische Untersuchung gelehrt, dass die anatomischen Elementartheile der Organismen, die Zellen, allgemein ein individuelles Seelenleben besitzen. Seitdem Schleiden vor vierzig Jahren in Jena die bedeutungsvolle Zellentheorie für das Pflanzenreich begründete und Schwann gleich danach sie auf das Thierreich übertrug, schreiben wir diesen mikroskopischen Lebewesen allgemein ein individuelles selbstständiges Leben zu; sie sind die wahren „Individuen erster Ordnung“, die „Elementar-Organismen“ nach Brücke. Die grossartige und höchst fruchtbare Anwendung, welche Virchow in seiner Cellular-Pathologie von der Zellentheorie auf das Gesammtgebiet der theoretischen Medicin gegeben hat, beruht ja eben darauf, dass die Zellen nicht mehr als die todten, passiven Bausteine des Organismus, sondern als die lebendigen activen Staatsbürger desselben betrachtet werden.

Diese Auffassung wird endgiltig begründet durch das Studium der Infusorien, Amoeben und anderer einzelligen Organismen. Denn hier treffen wir bei den einzelnen, isolirt lebenden Zellen dieselben Aeusserungen des Seelenlebens, Empfindung und Vorstellung, Willen und Bewegung, wie bei den höheren, aus vielen Zellen zusammengesetzten Thieren! Nun ist aber eben so wohl bei diesen letzteren socialen Zellen, wie bei jenen ersteren Einsiedlerzellen das Seelenleben der Zelle an eine und dieselbe wichtigste Zellsubstanz, an das Protoplasma gebunden. Wir sehen sogar an den Moneren und anderen ein-

fachsten Organismen, dass einzelne abgelöste Stückchen des Protoplasma ebenso Empfindung und Bewegung besitzen, wie die ganze Zelle. Danach müssen wir annehmen, dass die Zellseele[19]), das Fundament der empirischen Psychologie, selbst wieder zusammengesetzt ist, nämlich das Gesammtresultat aus den psychischen Thätigkeiten der Protoplasma-Moleküle, die wir kurz Plastidule nennen. Die Plastidulseele[20]) wäre demnach der letzte Factor des organischen Seelenlebens.

Hat aber hiermit unsere heutige Entwickelungslehre ihre psychologische Analyse erschöpft? Keineswegs! Vielmehr lehrt uns die neuere organische Chemie, dass die eigenthümlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften eines Elementes, des Kohlenstoffes, in seiner verwickelten Verbindung mit andern Elementen es sind, welche die eigenthümlichen physiologischen Eigenschaften der organischen Verbindungen, und vor Allen des Protoplasma bedingen. Die Moneren, bloss aus Protoplasma bestehend, schlagen hier die Brücke über die tiefe Kluft zwischen organischer und anorganischer Natur. Sie zeigen uns, wie die einfachsten und ältesten Organismen ursprünglich aus anorganischen Kohlenstoff-Verbindungen entstanden sein müssen. Wenn somit bei der Urzeugung eine bestimmte Anzahl Kohlenstoff-Atome sich mit einer Anzahl Atomen von Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel zu der Einheit eines Plastidules (oder Protoplasma-Moleküles) verbinden, so müssen wir die Plastidulseele, d. h. die Gesammtsumme seiner Lebensthätigkeiten, als das nothwendige Produkt aus den Kräften jener vereinigten Atome betrachten. Die Summe der centralen Atom-Kräfte aber können wir in consequent monistischem Sinne auch „Atom-Seele" nennen[21]). Durch zufälliges Zusammentreffen und mannigfaltige Verbindung der constanten unveränderlichen Atom-Seelen entstehen die mannigfaltigen höchst variablen Plastidul-Seelen, die molecularen Factoren des organischen Lebens.

Angelangt an dieser äussersten psychologischen Consequenz unserer monistischen Entwickelungslehre begegnen wir uns mit jenen alten Vorstellungen von der Beseelung aller Materie, welche schon in der Philosophie des Demokritos, Spinoza,

Bruno, Leibnitz, Schopenhauer einen verschiedenartigen Ausdruck gefunden haben. Denn alles Seelenleben lässt sich schliesslich auf die beiden Elementar-Functionen der Empfindung und Bewegung, auf ihre Wechselwirkung in der Reflexbewegung zurückführen. Die einfache Empfindung von Lust und Unlust, die einfache Bewegungsform der Anziehung und Abstossung, das sind die wahren Elemente, aus denen sich in unendlich mannigfaltiger und verwickelter Verbindung alle Seelenthätigkeit aufbaut. „Der Atome Hassen und Lieben", Anziehung und Abstossung der Moleküle, Bewegung und Empfindung der Zellen, und der aus Zellen zusammengesetzten Organismen, Gedankenbildung und Bewusstsein des Menschen[22]) — das sind nur verschiedene Stufen des universalen psychologischen Entwickelungsprocesses.

Die Einheit der Weltanschauung (oder der „Monismus") zu welcher uns die neue Entwickelungslehre demgemäss hinführt, löst den Gegensatz auf, welcher bisher zwischen den verschiedenen dualistischen Weltsystemen bestand. Sie vermeidet die Einseitigkeit des Materialismus, wie des Spiritualismus, sie verbindet den practischen Idealismus mit dem theoretischen Realismus, sie vereint Naturwissenschaft und Geisteswissenschaft zu einer allumfassenden, einheitlichen Gesammtwissenschaft.

Indem wir so die heutige Entwickelungslehre als einigendes, einheitliches Bindemittel der verschiedenartigsten Wissenschaften anerkennen, gewinnt sie die höchste Bedeutung nicht nur für die reinen theoretischen, sondern auch für die practischen, angewandten Disciplinen. Weder die practische Medicin, als angewandte Naturwissenschaft, noch die practische Staatswissenschaft, Jurisprudenz und Theologie, insoweit sie Theile der angewandten Philosophie sind, werden sich fortan ihrem Einflusse entziehen können. Vielmehr sind wir der Ueberzeugung, dass sie sich auf allen diesen Gebieten als der bedeutendste Hebel ebenso der fortschreitenden Erkenntniss, wie der veredelten Bildung überhaupt bewähren wird. Da nun der wichtigste Angriffspunkt der letzteren die Erziehung der Jugend ist, so wird die Entwickelungslehre als das wichtigste Bildungsmittel auch in der Schule ihren berechtigten Einfluss

geltend machen müssen; sie wird hier nicht bloss geduldet, sondern maassgebend und leitend werden.

Wenn es uns schliesslich gestattet ist, mit einigen Worten wenigstens die wichtigsten Punkte dieses Verhältnisses anzudeuten, so dürfte wohl zunächst die hohe Bedeutung der genetischen Methode an sich zu betonen sein. Sowohl Lehrer wie Lernende werden jeden Gegenstand des Unterrichts mit unendlich grösserem Interesse und Verständniss betrachten, wenn sie sich vor Allem die Frage vorlegen: Wie ist das entstanden? Wie hat sich das entwickelt? Denn mit dieser Entwickelungs-Frage ist ja zugleich die Frage nach den Ursachen der Thatsachen gegeben; und schliesslich ist es ja immer die Erkenntniss der bewirkenden Ursachen, nicht die blosse Kenntniss der Thatsachen, welche das stetige Causalitäts-Bedürfniss unserer Vernunft befriedigt. Die Erkenntniss gemeinsamer einfacher Ursachen für die verschiedensten verwickelten Erscheinungen führt ebenso zur Vereinfachung, wie zur Vertiefung unserer Bildung; nur durch causales Verständniss wird das todte Wissen zur lebendigen Wissenschaft. Nicht die Quantität der empirischen Kenntnisse, sondern die Qualität ihres ursächlichen Verständnisses ist der wahre Maassstab geistiger Bildung!

Wie weit die Grundzüge der allgemeinen Entwickelungslehre schon jetzt in die Schulen einzuführen sind, in welcher Reihenfolge ihre wichtigsten Zweige: Kosmogenie, Geologie, Phylogenie der Thiere und Pflanzen, Anthropogenie, in den verschiedenen Klassen zu lehren sind, das zu bestimmen müssen wir den praktischen Pädagogen überlassen. Wir glauben aber, dass eine weitgreifende Reform des Unterrichts in dieser Richtung unausbleiblich ist und vom schönsten Erfolge gekrönt sein wird. Wie unendlich wird z. B. der wichtige Sprach-Unterricht an Bildungswerth gewinnen, wenn derselbe vergleichend und genetisch betrieben wird! Wie wird sich das Interesse an der physikalischen Geographie steigern, wenn dieselbe genetisch mit der Geologie verknüpft wird! Wie wird die langweilige todte Systematik der Thier- und Pflanzen-Arten Licht und Leben gewinnen, wenn dieselben als verschiedene Zweige eines gemeinsamen Stammbaumes erklärt werden! Und welch' anderes Verständniss werden wir vor Allem von unserem eigenen Orga-

nismus erlangen, wenn wir denselben nicht mehr im trüben Zauberspiegel der Mythologie als das fingirte Ebenbild eines anthropomorphen Schöpfers, sondern im klaren Tageslichte der Phylogenie als die höchst entwickelte Form des Thierreichs erkennen; als einen Organismus, welcher im Laufe vieler Jahrmillionen sich allmählich aus der Ahnenreihe der Wirbelthiere hervorgebildet und alle seine Verwandten im Kampfe um's Dasein weit überflügelt hat!

Indem die Entwickelungslehre dergestalt befruchtend und fördernd auf alle Unterrichtszweige einwirkt, wird sie zugleich in Lehrern und Schülern das Bewusstsein ihres einheitlichen Zusammenhanges wecken. Als historische Naturwissenschaft wird sie vermittelnd und versöhnend zwischen die beiden entgegengesetzten Richtungen treten, welche heute um die Herrschaft in der höheren Schulbildung ringen: einerseits die ältere, classische, historisch-philosophische, andererseits die neuere, exacte, mathematisch-physikalische Richtung. Beide Bildungs-Richtungen halten wir für gleich berechtigt und gleich unentbehrlich; der menschliche Geist wird seine volle harmonische Ausbildung nur dann erreichen, wenn beiden gleichmässig genügt wird. Wenn aber früher allgemein die classische Bildung zu ausschliesslich und einseitig bevorzugt wurde, so geschieht das neuerdings nur zu oft mit der exacten Bildung. Beide Uebergriffe führt die Entwickelungslehre auf ihr rechtes Maass zurück, indem sie als einendes Band zwischen exacte und classische, zwischen Natur- und Geistes-Wissenschaft tritt. Ueberall lehrt sie den lebendigen Fluss der zusammenhängenden, einheitlichen und ununterbrochenen Entwickelung. Ueberall zeigt sie dem eifrigen Forscher neue wissenschaftliche Ziele hinter den bereits erreichten und zieht so „leise den strebenden Geist näher zur Wahrheit hinan“. Die unendliche Perspective fortschreitender Vervollkommnung, welche uns die Entwickelungslehre so eröffnet, ist zugleich der beste Protest gegen das leidige „Ignorabimus“, welches ihr jetzt von vielen Seiten entgegen tönt. Denn Niemand kann vorhersagen, welche „Grenzen des Natur-Erkennens“ der menschliche Geist im weiteren Gange seiner erstaunlichen Entwickelung noch künftig überschreiten wird![23])

Die weitaus wichtigste und schwierigste Anforderung, welche die practische Philosophie an die Entwickelungslehre stellt, scheint diejenige einer neuen Sittenlehre zu sein. Sicher wird nach wie vor die sorgfältige Ausbildung des sittlichen Characters, der religiösen Ueberzeugung, die Hauptaufgabe der Erziehung bleiben müssen. Nun hielten aber bisher die weitesten Kreise an der Ueberzeugung fest, dass diese wichtigste Aufgabe nur im Zusammenhange mit gewissen kirchlichen Glaubenssätzen zu lösen sei. Da nun diese Dogmen, namentlich in Verbindung mit uralten Schöpfungs-Mythen, den Erkenntnissen der Entwickelungslehre geradezu widersprechen, glaubte man durch die letztere auch Religion und Moral auf das höchste gefährdet zu sehen.

Diese Befürchtung halten wir für irrig. Sie entspringt aus der beständigen Verwechselung zwischen der wahren, vernunftgemässen Naturreligion und der dogmatischen, mythologischen Kirchenreligion. Die vergleichende Religionsgeschichte, ein wichtiger Zweig der Anthropologie, lehrt uns die grosse Mannigfaltigkeit der äusseren Hüllen kennen, in welche die verschiedenen Völker und Zeiten, ihrem individuellen Charakter und Bedürfniss entsprechend, den religiösen Gedanken einkleiden. Sie zeigt uns, dass die dogmatischen Lehren der Kirchenreligionen selbst in einem langsamen, ununterbrochenen Flusse der Entwickelung begriffen sind. Neue Kirchen und Secten entstehen, alte vergehen; im besten Falle hält sich eine bestimmte Glaubensform ein paar Jahrtausende, eine verschwindend kurze Zeitspanne in der Aeonen-Reihe der geologischen Perioden. Endlich lehrt uns auch die vergleichende Culturgeschichte, wie wenig wahre Sittlichkeit mit einer bestimmten kirchlichen Glaubensform nothwendig verknüpft ist. Oft geht die grösste Rohheit und Verwilderung der Sitten Hand in Hand mit der absoluten Herrschaft einer allmächtigen Kirche; man denke nur an das Mittelalter! Anderseits sehen wir die höchste Stufe sittlicher Vollkommenheit von solchen Männern erreicht, welche von jedem Kirchenglauben sich abgelöst haben.

Unabhängig von jedem kirchlichen Bekenntniss lebt in der Brust jedes Menschen der Keim einer echten Naturreligion;

sie ist mit den edelsten Seiten des Menschenwesens selbst untrennbar verknüpft. Ihr höchstes Gebot ist die Liebe, die Einschränkung unseres natürlichen Egoismus zu Gunsten unserer Mitmenschen und zum Besten der menschlichen Gesellschaft, deren Glieder wir sind. Dieses natürliche Sittengesetz ist viel älter als alle Kirchenreligion; es hat sich aus den socialen Instincten der Thiere entwickelt[24]). Bei Thieren sehr verschiedener Klassen, vor Allen bei Säugethieren, Vögeln und Insecten, treffen wir die Anfänge desselben an. Nach den Gesetzen der Gesellung (Association) und der Arbeitstheilung vereinigen sich hier viele Personen zu der höheren Gemeinschaft eines Stockes oder Staates. Das Bestehen desselben ist mit Nothwendigkeit an die Wechselwirkung der Gemeindeglieder und an die Opfer geknüpft, welche dieselben auf Kosten ihres Egoismus dem Ganzen bringen. Das Bewusstsein dieser Nothwendigkeit, das Pflichtgefühl, ist nichts anderes, als ein socialer Instinct. Der Instinct ist aber immer eine psychische Gewohnheit, welche ursprünglich durch Anpassung erworben, dann aber im Laufe der Generationen erblich geworden ist und zuletzt „angeboren" erscheint.

Um uns von der bewunderungswürdigen Macht des thierischen Pflichtgefühls zu überzeugen, brauchen wir bloss einen Ameisenhaufen zu zertrümmern. Da sehen wir sofort inmitten der Zerstörung Tausende eifriger Staatsbürger nicht mit Rettung ihres eigenen lieben Lebens beschäftigt, sondern mit dem Schutze des theuren Gemeinwesens, welchem sie angehören. Muthige Krieger des Ameisenstaates setzen sich zur kräftigen Gegenwehr gegen unseren eindringenden Finger; Pflegerinnen der Jugend retten die sogenannten „Ameisen-Eier", die geliebten Puppen, auf denen die Zukunft des Staates beruht; emsige Arbeiter beginnen sofort mit unverdrossenem Muthe die Trümmerhaufen wegzuräumen und neue Wohnungen einzurichten. Die bewunderungswürdigen Culturzustände dieser Ameisen, der Bienen und anderer socialen Thiere haben sich aber ursprünglich ebenso aus den rohesten Anfängen entwickelt, wie unsere eigene menschliche Cultur.

Selbst jene zartesten und schönsten Regungen des menschlichen Gemüthslebens, die wir vorzugsweise poetisch verherr-

lichen, finden wir bereits im Thierreiche vorgebildet. Oder ist nicht die innige Mutterliebe der Löwin, die rührende Gattenliebe der Papageien („Inseparables“), die aufopfernde Treue des Hundes längst sprichwörtlich? Die edelsten Affecte des Mitgefühls und der Liebe, welche die Handlungsweise bestimmen, sind hier wie beim Menschen nichts anderes als veredelte Instincte. Anknüpfend an diese Auffassung hat also die Ethik der Entwickelungslehre keine neuen Grundsätze aufzusuchen, sondern vielmehr die uralten Pflichtgebote auf ihre naturwissenschaftliche Basis zurückzuführen. Lange vor der Entstehung aller Kirchen-Religion regelten diese natürlichen Pflichtgebote das gesetzliche Zusammenleben der Menschen, wie der socialen Thiere. Diese bedeutungsvolle Erkenntniss sollte sich die Kirchen-Religion zu Nutze machen, statt sie zu bekämpfen. Denn nicht derjenigen Theologie gehört die Zukunft, welche gegen die siegreiche Entwickelungslehre einen fruchtlosen Kampf führt, sondern derjenigen, welche sich ihrer bemächtigt, sie anerkennt und verwerthet.

Weit entfernt also, in dem Einflusse der Entwickelungslehre auf unsere religiösen Ueberzeugungen eine Erschütterung aller geltenden Sittengesetze und eine verderbliche Emancipation des Egoismus zu fürchten, hoffen wir davon vielmehr eine vernunftgemässe Begründung der Sittenlehre auf der unerschütterlichen Basis fester Naturgesetze. Denn mit der klaren Erkenntniss unserer wahren Stellung in der Natur eröffnet uns die Anthropogenie zugleich die Einsicht in die Nothwendigkeit unserer uralten socialen Pflichtgebote. Wie die theoretische Gesammtwissenschaft, so wird auch die praktische Philosophie und Pädagogik von nun an ihre wichtigsten Grundsätze nicht mehr aus angeblichen Offenbarungen, sondern aus den natürlichen Erkenntnissen der Entwickelungslehre ableiten. Dieser Sieg des Monismus über den Dualismus eröffnet uns den hoffnungsvollsten Fernblick auf einen unendlichen Fortschritt ebenso unserer moralischen wie unserer intellectuellen Entwickelung! In diesem Sinne begrüssen wir die heutige, von Darwin neu begründete Entwickelungslehre als die wichtigste Förderung unserer reinen und angewandten Gesammtwissenschaft!

Anmerkungen.

1) (S. 100.) Charles Darwin hat in seinem Hauptwerk („Ueber die Entstehung der Arten durch natürliche Züchtung") 1859 bereits alle Hauptpunkte seiner eigenen Entwickelungslehre erörtert und klargestellt, mit Ausnahme ihrer Anwendung auf den Menschen, welche erst 1871 in dem Werke über „die Abstammung des Menschen und die geschlechtliche Zuchtwahl" folgte. Seine übrigen Schriften enthalten nur weitere Belegung und bestimmtere Ausführung der in jenem Hauptwerke niedergelegten Grundgedanken.

2) (S. 100.) Ueber das Verhältniss von Immanuel Kant zur Entwickelungslehre vergl. Fritz Schultze: „Kant und Darwin; ein Beitrag zur Geschichte der Entwickelungslehre 1875". Ueber die Bedeutung, welche Wolfgang Goethe für die allgemeine Entwickelungslehre besitzt, vergl. meine „Natürliche Schöpfungsgeschichte" (VI. Aufl. S. 73).

3) (S. 100.) Die Philosophie Zoologique von Lamarck (1809 erschienen, kürzlich von Arnold Lang in das Deutsche übersetzt) ist die einzige Schrift, welche vor Darwin (1809 geboren) das Gesammtgebiet der biologischen Entwickelungslehre im Zusammenhang und auf Grund der mechanischen Weltanschauung darzustellen unternahm; ein höchst grossartiger, wenn auch verfrühter Versuch.

4) (S. 100.) Lorenz Oken's Verdienste um die Entwickelungslehre werden gewöhnlich insofern einseitig beurtheilt, als man die phantastischen Auswüchse seiner naturphilosophischen Schriften in den Vordergrund stellt. Dem gegenüber darf daran erinnert werden, dass er nicht nur das fundamentale Princip der einheitlichen Entwickelung des Weltganzen festhielt, sondern auch die Grundgedanken der Zellentheorie und Protoplasma-Theorie antecipirte, und zuerst in unserem Jahrhundert die beobachtende Entwickelungsgeschichte wieder aufnahm (Untersuchungen über die Bildung des Darmkanals, 1806). Vergl. „Natürl. Schöpfungsgeschichte" VI. Aufl. S. 86.

5) (S. 101.) Es gehört sicher zu den merkwürdigsten Erscheinungen in der Geschichte der Wissenschaft, dass thatsächlich die von Cuvier aufgestellte übernatürliche Katastrophenlehre sich noch volle dreissig Jahre hindurch in der mächtig emporblühenden Biologie halten konnte, trotzdem die entgegengesetzte natürliche Continuitätslehre von Lamarck schon 1809 begründet und seit 1830 durch Lyell in der Geologie zur Geltung gelangt war. Vergl. „Natürl. Schöpfungsgeschichte" (VI. Aufl. S. 111, 115).

6) (S. 101.) Als ich vor 14 Jahren auf der 38. Naturforscherversamm-

lung in Stettin (am 19. September 1863) einen Vortrag über „die Entwickelungstheorie Darwin's" hielt und damit dieselbe zum ersten Male zum Gegenstande der öffentlichen Besprechung in einer solchen Versammlung machte, wurde von der grossen Mehrheit ihr die Anerkennung entschieden versagt, die sie heute bei allen competenten Naturforschern bereitwillig findet. Vergl. das Vorwort zur vierten Aufl. der Natürl. Schöpfungsgeschichte.

7) (S. 102.) Chorologie (die Lehre von der geographischen und topographischen Verbreitung der Organismen) und Oekologie (die Lehre vom Haushalte, den Lebensgewohnheiten der Organismen und ihren Beziehungen zu einander) sind physiologische Disciplinen, welche zwar nicht so unmittelbar, wie die morphologischen, die Wahrheit der Descendenz-Theorie bezeugen, deren allgemeine Erscheinungen aber auch nur durch letztere erklärt werden können. (Vergl. den XIV. Vortrag der Natürl. Schöpfungsgeschichte.)

8) (S. 102.) Dysteleologie oder „Unzweckmässigkeitslehre" nennen wir die Lehre von den rudimentären Organen deshalb, weil sie in einfacherer und klarerer Weise als alle anderen Erscheinungen die weitverbreitete, in der dualistischen Philosophie herrschende Teleologie oder Zweckmässigkeitslehre widerlegt. Vergl. meine Generelle Morphologie, Bd. II, S. 266.

9) (S. 102.) Als „exacte" Morphologie lässt sich z. B. die Krystallographie und die Promorphologie der Organismen bezeichnen; denn letztere sucht gleich der ersteren die realen Körperformen (dort der Krystalle, hier der organischen Individuen) auf geometrische ideale Grundformen zurückzuführen. Allein der bei weitem grössere Theil der Morphologie, und ebenso auch ein grosser Theil der Physiologie (z. B. Chorologie, Oekologie, Psychologie) sind der mathematischen Behandlung grösstentheils unzugänglich, mithin nicht exact.

10) (S. 104.) Das biogenetische Grundgesetz lautet in schärferer Fassung folgendermaassen: „Die Keimesentwickelung (Ontogenesis) ist eine gedrängte und abgekürzte Wiederholung der Stammesentwickelung (Phylogenesis); und zwar ist diese Wiederholung um so vollständiger, je mehr durch beständige Vererbung die ursprüngliche Auszugsentwickelung (Palingenesis) beibehalten wird; hingegen ist die Wiederholung um so unvollständiger, je mehr durch wechselnde Anpassung die spätere Fälschungsentwickelung (Cenogenesis) eingeführt wird." (Vergl. meine „Anthropogenie", III. Aufl. S. 11.)

11) (S. 104.) Die cenogenetischen „Fälschungen" (oder Störungen), welche in dem ursprünglichen palingenetischen Entwickelungsgange durch Anpassung der Embryonen an die embryonalen Existenz-Bedingungen herbeigeführt werden, sind zum grossen Theile Verschiebungen der örtlichen und zeitlichen Entwickelungsverhältnisse (Heterotopien und

Heterochronien), zum andern Theil embryonale Neubildungen (z. B. Bildung der Eihüllen, des Dottersacks u. s. w.).

12) (S. 105.) Der historische Character der morphologischen Naturwissenschaften (vor allen der vergleichenden Anatomie und Ontogenie, wie der Paläontologie) kann nicht genug betont werden; möglichst exacte Beschreibung der empirischen Thatsachen ist natürlich hier, wie auch in jeder historischen Wissenschaft zu fordern; aber diese Wissenschaften selbst können niemals exact werden.

13) (S. 105.) Geologie und Phylogenie verfolgen nicht allein verwandte Ziele, sondern bedienen sich auch derselben Methoden. In beiden Disciplinen gilt es, durch denkende Vergleichung zahlreicher einzelner Thatsachen, kritische Beurtheilung ihrer historischen Bedeutung und speculative Ergänzung der empirischen Lücken den zusammenhängenden historischen Entwickelungsgang (dort der Erde, hier ihrer Bewohner) herzustellen. Vergl. Anthropogenie (III. Aufl. S. 329, 382).

14) (S. 106.) Beschreibende Naturwissenschaften heissen noch heute officiell (z. B. in Preussischen Prüfungs-Reglements) die biologischen Disciplinen im Gegensatze zur Physik und Chemie. An sich schon enthält diese Bezeichnung eine Contradictio in adjecto; denn eine wirkliche Wissenschaft kann niemals blos beschreibend sein; ausserdem aber ist in der Botanik und Zoologie so gut wie in der Physik und Chemie, in der Morphologie so gut wie in der Physiologie, die empirische Beschreibung der Thatsachen nur die Voraussetzung, ihre causale Erklärung hingegen das philosophische Ziel der Wissenschaft.

15) (S. 106.) Die Abstammung des Menschen von anderen Säugethieren, und zunächst von catarhinen Affen, ist ein Deductions-Gesetz, welches mit Nothwendigkeit aus dem Inductions-Gesetze der Descendenz-Theorie folgt. „Natürl. Schöpfungsgeschichte" VI. Aufl. S. 648.

16) (S. 107.) August Schleicher, die Darwin'sche Theorie und die Sprachwissenschaft. 1863. Die Vergleichung der Phylogenie mit der „vergleichenden Sprachforschung" ist auch in anderer Beziehung sehr lehrreich. Vergl. „Anthropogenie" (III. Aufl. S. 392).

17) (S. 107.) Die Ahnenreihe des Menschen, wie sie die „Anthropogenie" (im XVI.—XIX. Vortrage) entwirft, ist nicht mehr und nicht minder wissenschaftlich berechtigt, wie jede andere phylogenetische und geologische Hypothese, wenn auch die verschiedenen Ahnenstufen ungleich sicher zu begründen sind. Wenn Du Bois-Reymond („Darwin versus Galiani", 1876) meint, „die von der Schöpfungsgeschichte entworfenen Stammbäume unseres Geschlechts seien etwa ebenso viel werth, wie in den Augen der historischen Kritik die Stammbäume Homerischer Helden", so beweist er damit nur seine auffallende Unbekanntschaft mit den morphologischen Forschungen, auf welche jene Stammbäume sich gründen.

Wenn derselbe ebenda die Phylogenie „einen Roman" nennt, so muss er auch die Geologie so nennen.

18) (S. 107.) Für die Erkenntniss der Wirbelthier-Ahnen des Menschen sind von grösster Bedeutung die ebenso gründlichen als kritischen „Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere" von Carl Gegenbaur. (Vergl. auch dessen „Grundzüge der vergleichenden Anatomie".)

19) (S. 109.) „Zellseele" in monistischem Sinne ist die Gesammtheit der Spannkräfte, die im Protoplasma aufgespeichert sind. Die Zellseele ist also an ihren Protoplasma-Leib ebenso unzertrennlich gebunden, wie die menschliche Seele an das Gehirn und Rückenmark.

20) (S. 109.) Plastidul-Seele. Die „Plastidule" oder Protoplasma-Moleküle, die kleinsten gleichartigen Theile des Protoplasma, sind nach unserer Plastiden-Theorie als die activen Factoren aller Lebensthätigkeiten zu betrachten. Die Plastidul-Seele unterscheidet sich von der anorganischen Molekül-Seele durch den Besitz des Gedächtnisses. Vergl. meine „Plastiden - Theorie" (in den „Studien über Moneren und andere Protisten", 1872), sowie den vorhergehenden Vortrag über die „Perigenesis der Plastidule oder Wellenzeugung der Lebenstheilchen."

21) (S. 109.) Atom-Seele. Die neueren Streitigkeiten über die Beschaffenheit der Atome, die wir in irgend einer Form als letzte Elementar-Factoren aller physikalischen und chemischen Processe anerkennen müssen, scheinen am einfachsten durch die Annahme gelöst zu werden, dass diese kleinsten Massentheilchen als Kraftcentra eine constante Seele besitzen, dass jedes Atom mit Empfindung und Bewegung begabt ist. Vergl. auch Gustav Tschermak, die Einheit der Entwickelung in der Natur, Wien 1876; und Zöllner, über die Natur der Kometen, Leipzig 1872.

22) (S. 110.) Das Bewusstsein wird seit dem Vortrage, den E. Du Bois-Reymond 1872 auf der 45sten Deutschen Naturforscher-Versammlung zu Leipzig hielt, sehr allgemein als eine unübersteigliche Grenze des Naturerkennens angesehen, und zwar als eine zweite, welche von der ersten Grenze (dem Zusammenhang von Materie und Kraft) verschieden sei. Unzweifelhaft sind aber diese beiden Grenzen in Wahrheit eine und dieselbe, obgleich Du Bois-Reymond meint, dass „wir auch in diesem Punkte nicht zur Klarheit kommen, und alles weitere Reden darüber müssig bleibe" (l. c. p. 33). So wenig wir heute auch im Stande sind, das Wesen des Bewusstseins völlig zu erklären, so lässt doch die vergleichende und genetische Betrachtung des Bewusstseins klar erkennen, dass dasselbe nur eine höhere und zusammengesetztere Function der Nervenzellen ist.

23) (S. 112.) Das „Ignorabimus", welches E. Du Bois-Reymond

in dem eben citirten Vortrage (Note 22) dem Fortschritt unserer Erkenntniss entgegenhält, wird jetzt bei jeder Gelegenheit von den Gegnern der Entwickelungslehre als „Testimonium paupertatis" der Naturwissenschaft angerufen. Wir wollen daher auch hier (wie bereits in dem Vorwort zur „Anthropogenie") ausdrücklich dagegen protestiren. Denn gerade die Entwickelungslehre des Seelenlebens zeigt uns, wie dasselbe von der niederen Stufe der einfachen Zellseele durch eine erstaunliche Reihe von allmählichen Entwickelungsstufen sich bis zur Menschenseele emporgearbeitet hat. Niemand ist daher zu der Behauptung berechtigt, dass wir die heute unübersteiglich scheinenden Erkenntniss-Schranken in Zukunft nicht doch überschreiten werden. Darwin sagt in der Einleitung zu seiner „Abstammung des Menschen": „Es sind immer diejenigen, welche wenig wissen, und nicht die, welche viel wissen, welche positiv behaupten, dass dieses oder jenes Problem nie von der Wissenschaft werde gelöst werden."

24) (S. 114.) Die socialen Instincte der Thiere sind neuerdings von verschiedenen Seiten mit vollem Rechte als die Urquellen der Moral auch für den Menschen in Anspruch genommen worden. Die Gesetze der Association und Arbeitstheilung bewirken hier wie dort die Wechselwirkung der vereinigten Individuen, welche zum Pflichtgefühl führt. Demnach wird auch die Culturgeschichte der Thiere, ein noch fast unbebautes Feld der Zoologie, jetzt die Aufgabe haben, die Culturzustände der Ameisen, Bienen und anderer gesellig lebender Thiere in ähnlicher Weise aus niederen rohen Verhältnissen historisch abzuleiten, wie das auch die Aufgabe der menschlichen Culturgeschichte ist.

Ueber Ursprung und Entwickelung der Sinneswerkzeuge.

Vortrag

gehalten am 25. März 1878

im „Wissenschaftlichen Club“ zu Wien.

„Was man an der Natur Geheimnissvolles pries,
Das wagen wir verständig zu probiren,
Und was man sonst organisiren liess,
Das lassen wir krystallisiren.“

Goethe.

Wenn die Erkenntniss der geschichtlichen Entwickelung heute mit Recht als der sicherste Weg zum wahren Verständniss der organischen Naturkörper betrachtet wird, so gilt das vor Allem von denjenigen Organen, welche durch ihre verwickelte Zusammensetzung einem zweckmässigen Bauplan ihren Ursprung zu verdanken scheinen. Eine solche planmässige und künstliche Einrichtung tritt uns nirgends so auffallend entgegen, wie bei unseren Sinneswerkzeugen. Der herrliche Prachtbau unseres Auges, das bewunderungswürdige Labyrinth unseres Ohres finden nicht ihres Gleichen in anderen organischen Bildungen; sie sind daher stets die auserkorenen Lieblinge der anatomischen und physiologischen Forschung gewesen. Auch ist diese Vorliebe zugleich gerechtfertigt durch die unvergleichliche Bedeutung dieser wichtigsten Geistes-Instrumente. Denn die Sinneswerkzeuge sind die einzigen Ursprungsquellen aller Erkenntniss, sie sind die einzigen Thore, durch welche die Aussenwelt ihren Einzug in unser inneres Geistesleben hält. Daher hat auch stets die speculative Philosophie gerade für diesen Theil der Biologie ein besonderes Interesse gehegt und ist hier in die regste Wechselwirkung mit der empirischen Naturforschung getreten.

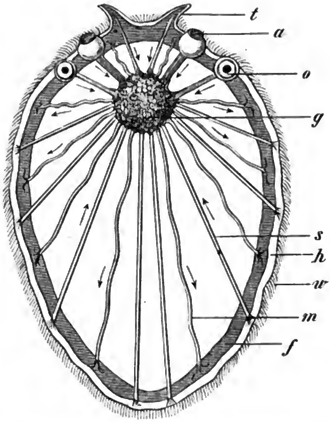
Wenn nun die heutige Entwickelungslehre auf der festen, von Darwin gegebenen Grundlage den Anspruch erhebt, den Ursprung und die Entstehung der Sinneswerkzeuge in gleicher Weise, wie diejenige der übrigen Organe, durch den langsamen und allmählichen Entwickelungsprozess der natürlichen Züchtung zu erklären, so darf sie sich von vornherein auf die grössten Schwierigkeiten gefasst machen. Zur Ueberwindung derselben ist zunächst wohl nichts geeigneter, als ein flüchtiger Seitenblick auf die individuelle Keimesgeschichte. Denn wenn wir sehen,

dass in jedem einzelnen Thierkörper diese Organe nicht von Anfang an da sind, sondern sich langsam und allmählich entwickeln, so dürfte diese wichtige keimesgeschichtliche Thatsache wohl geeignet sein, uns auch den Weg zur Lösung der viel schwierigeren und dunkleren Frage nach der *stammesgeschichtlichen* Entwickelung derselben zu ebenen.

Um uns von jener wichtigen Thatsache zu überzeugen, brauchen wir bloss ein Hühnerei in die Brütmaschine zu legen, und in dem kurzen Zeitraum von drei Wochen die Ausbildung des einfachen Hühnerkeims zum vollkommenen Küchlein Schritt für Schritt zu verfolgen. Da können wir denn durch unmittelbare Beobachtung feststellen, dass das Auge, das Ohr, und ebenso die niederen Sinneswerkzeuge des Geruches und Geschmackes, im Beginne der Keimes-Entwickelung noch gar nicht vorhanden sind, sondern dass sie erst später auftreten und dann von einer höchst einfachen indifferenten Anlage aus, durch eine Reihe der wunderbarsten Verwandlungen hindurch, allmählich zu ihrer späteren Zusammensetzung und Gestalt gelangen. Zuerst wurde diese grundlegende Thatsache vor fünfzig Jahren von C. E. v. *Baer* festgestellt, dem grossen Embryologen, der die Geschichte des bebrüteten Hühnereies zu einer der wichtigsten Erkenntniss-Quellen gestaltete. Dann war es aber vor allen Anderen der geistreiche Biolog *Emil Huschke* in Jena, der nur wenige Jahre später (1830) mit grösster Sorgfalt die erstaunlichen Einzelheiten jener wichtigen Vorgänge näher verfolgte. Auf seine glänzenden Entdeckungen gestützt, haben zahlreiche Beobachter in neuerer und neuester Zeit dieselben bis zu einem bewunderungswürdigen Grade der Genauigkeit ergründet. Als allgemeines Endergebniss hat sich schliesslich herausgestellt, dass beim Menschen und bei allen Thieren die Sinneswerkzeuge überall wesentlich in derselben Weise entstehen, nämlich als *Theile der äusseren Körperbedeckung*, der Oberhaut. *Die äussere Hautdecke ist das ursprüngliche und universale Sinnesorgan*, und erst allmählich schnüren sich die höheren Sinneswerkzeuge von dieser ihrer Ursprungsstätte ab, indem sie sich mehr oder weniger in das geschützte Innere des Körpers zurückziehen. Aber bei vielen niederen Thieren bleiben sie selbst zeitlebens in der äusseren

Hautdecke liegen, so z. B. bei Würmern. (Fig. 1.)

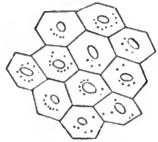
Fig. 1.



Nervensystem und Sinnesorgane eines Plattwurmes (Turbellaria). Von dem einfachen Nervenknoten oder Gehirn (*g*) strahlen zweierlei Nerven aus; die (centripetalen) Empfindungs-Nerven (*s*) gehen zur Haut (*h*), zu den Fühlern (*t*), zu den Hörbläschen (*o*) und Augen (*a*); die (centrifugalen) Bewegungs-Nerven (*m*) gehen zum Fleisch, zu der unter der Haut gelegenen Muskelschicht (*f*). *w* Wimpern der Haut.

Nun beruht aber die Thätigkeit der Sinnesorgane, wie aller anderen Organe des menschlichen und des Thierkörpers lediglich auf der Thätigkeit der mikroskopischen Zellen, welche dieselben zusammensetzen. Diese kleinen „Zellen“ sind ja die wahren, selbstständigen „Elementar-Organismen“, deren Funktionen in ihrer Gesammtheit vereinigt das „Leben“ des ganzen vielzelligen Organismus bedingen. Daher sind auch bei jedem Sinneswerkzeug das Wichtigste die Sinneszellen, welche die verschiedenen sinnlichen Empfindungen vermitteln; die Sehzellen des Auges, die Hörzellen des Ohres, die Riechzellen der Nase, die Schmeckzellen der Zunge u. s. w. Wenn nun wirklich, wie wir jetzt wissen, alle verschiedenen Sinnesorgane bloss eigenthümlich ausgebildete und umgebildete Theile der äusseren Hautdecke sind, so müssen auch alle jene verschiedene Sinneszellen ursprünglich von einfachen Hautzel-

Fig. 2.



Oberhaut-Zellen eines menschlichen Embryo von zwei Monaten.

len abstammen; in der That sind sie sämmtlich umgebildete, verschiedenartig ausgebildete Abkömmlinge von gewöhnlichen indifferenten Zellen der Oberhaut. (Fig. 2.)

Diese grundlegende Thatsache, deren Bedeutung nicht hoch genug angeschlagen werden kann, ist jetzt unzweifelhaft festgestellt. Jedermann kann sich mit Hülfe eines guten Mikroskopes und der vervollkommneten Untersuchungs-Methoden der Gegenwart am bebrüteten Hühnerei selbst davon überzeugen, dass alle Sinnesorgane aus der äusseren Hautdecke hervorgehen. Betrachten wir z. B. den Keim eines Hühnchens am dritten und vierten Tage der Bebrütung (Fig. 3—7), so bemerken wir, dass

Fig. 3.
1.



Fig. 4.
2.

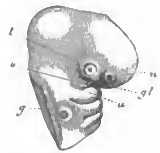


Fig. 5.

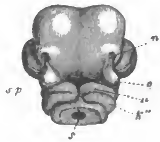


Fig. 6.
2.

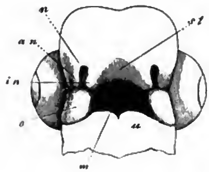


Fig. 7.
1.

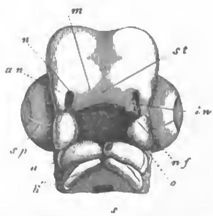


Fig. 3, 4. Kopf eines Hühner-Embryo vom dritten Brütetage: 1) von vorn, 2) von der rechten Seite. *n* Nasen-Anlage (Geruchs-Grübchen). *l* Augen-Anlage (Augen-Grübchen). *g* Ohr-Anlage (Gehör-Grübchen). *v* Vorderhirn. *gl* Augenspalte. *o* Oberkiefer-Fortsatz. *u* Unterkiefer-Fortsatz des ersten Kiemenbogens.

Fig. 5. Kopf eines Hühner-Embryo vom vierten Brütetage, von unten. *n* Nasengrube. *o* Oberkiefer-Fortsatz des ersten Kiemenbogens. *u* Unterkiefer-Fortsatz desselben. *k''* zweiter Kiemenbogen. *sp* Chorioidalspalte des Auges. *s* Schlund.

Fig. 6, 7. Zwei Köpfe von Hühner-Embryonen, 1) vom Ende des vierten, 2) vom Anfang des fünften Brütetages. Buchstaben wie in Fig. 5; ausserdem: *in* innerer, *an* äusserer Nasenfortsatz. *nf* Nasenfurche. *st* Stirnfortsatz. *m* Mundhöhle.

die erste Anlange sowohl für die Nase (*n*), als für das Auge (*l*, *sp*) und für das Ohr (*o*) in Gestalt eines einfachen Grübchens der Oberhaut auftritt. Dasselbe gilt aber auch für die Sinnesorgane aller anderen Thiere und des Menschen. Durch diese bedeutungsvolle Erkenntniss ist nicht allein die Frage nach dem Ursprung der Sinneswerkzeuge sehr vereinfacht, sondern auch schon der wahre Weg zu ihrer Lösung gezeigt. Denn nach dem biogenetischen Grundgesetze, nach dem allgemeinen Grundgesetze der organischen Entwickelung, steht jede keimesgeschichtliche Thatsache in unmittelbarer ursächlicher Beziehung zu einem entsprechenden stammesgeschichtlichen Vorgange, der sich vor langer Zeit, vor Jahrtausenden, vielleicht vor Millionen von Jahren, in der Geschichte der Ahnen-Reihe des betreffenden Organismus vollzogen hat.

Ursprünglich beruhte jener Vorgang in der Ahnen-Geschichte auf Anpassung der Vorfahren; dann aber wurde er von diesen durch Vererbung auf die lange Reihe der Nachkommen mehr oder weniger getreu übertragen. Wenn wir also heute an der jungen Keimesanlage des Hühnchens im bebrüteten Ei die Wahrnehmung machen, dass die höheren Sinneswerkzeuge anfänglich noch ganz fehlen und dass die erste Spur derselben in der äusseren Hautdecke auftritt, so schliessen wir daraus, dass die älteren Vorfahren der Vögel niedere Thiere waren, die weder Augen noch Ohren besassen, und dass später bei den Nachkommen derselben bestimmte Theile der äusseren Oberhaut es waren, die zum ersten Male Lichtwellen und Schallwellen unterscheiden lernten. Und wenn wir weiter sehen, dass die zarten Organe der feineren Farben- und Ton-Unterscheidung, die Zapfen in der Netzhaut des Auges, und die Corti'schen Haarzellen in der Schnecke des Ohres, erst viel später im Vogelkeim zur Erscheinung kommen, nachdem bereits die anderen Theile des Auges und Ohres gebildet sind, so dürfen wir daraus schliessen, dass diese feinsten und vollkommensten Sinnes-Instrumente erst in einer viel späteren Periode der Erdgeschichte von einer jüngeren Ahnenform der Vögel erworben wurden.

Freilich ist dieser bedeutungsvolle Schluss von der empirischen Keimesgeschichte des Individuums auf die hypothetische Stammesgeschichte seiner Vorfahren keineswegs überall und

ohne Weiteres verwendbar. Nicht alle keimesgeschichtlichen Vorgänge gestatten eine stammesgeschichtliche Deutung. Aber gerade wo diese letztere nicht zulässig ist, und wo wichtige Lücken oder Störungen den Faden der geschichtlichen Entwickelung unterbrechen, gerade da kommt uns eine andere Wissenschaft zu Hülfe, die vergleichende Anatomie. Indem diese interessante Wissenschaft den Bau der ausgebildeten Organe bei den verschiedenen Thierklassen und Ordnungen vergleicht, indem sie den Nachweis führt, dass jene Organe in den verschiedenen Thiergruppen noch heute auf den verschiedensten Stufen der Ausbildung neben einander zu finden sind, eröffnet sie uns einen höchst lehrreichen Einblick in die lange Stufenleiter der geschichtlichen Entwickelung, auf welcher sich dieselben allmählich nach einander von den einfachsten Anfängen bis zur höchsten Vollkommenheit emporgearbeitet haben. So zeigt uns die vergleichende Anatomie auf einem ganz anderen Wege als die Keimesgeschichte, wie der verwickelte Wunderbau unseres menschlichen Auges und Ohres durch eine lange, lange Reihe von Zwischenstufen mit den einfacheren und einfachsten Gesichts- und Gehörwerkzeugen niederer Thiere zusammenhängt. Während die zusammengesetzte Einrichtung dieser Organe bei den höheren Wirbelthieren, bei den Säugethieren, Vögeln und Reptilien wesentlich noch dieselbe wie beim Menschen ist, treffen wir einfachere Verhältnisse schon bei den Amphibien, und noch mehr bei den Fischen an. Vergleichen wir aber mit letzteren die entsprechenden Sinnes-Einrichtungen niederer Thiere, insbesondere der Würmer, so überzeugen wir uns, dass selbst die unvollkommenen Augen und Ohren der Fische erst das späte Erzeugniss einer langen Reihe von Verbesserungen und Vervollkommnungen sind, welche diese physikalischen Instrumente bei den wirbellosen Vorfahren der Fische im Laufe vieler Millionen Jahre durchlaufen haben.

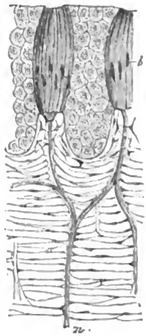
Versuchen wir nun, gestützt auf diese wichtigsten Urkunden der Stammesgeschichte, auf die vergleichende Anatomie einerseits, die Keimesgeschichte anderseits, die geschichtliche Entwickelung der Sinneswerkzeuge beim Menschen und bei den Thieren zu ergründen, so müssen wir zunächst an einige Hindernisse und Vorsichtsmaassregeln erinnern, die bei diesem schwie-

rigen historischen Unternehmen stets im Auge zu behalten sind. Wir können nämlich über die sinnlichen Empfindungen anderer Wesen nur nach den Eindrücken urtheilen, die wir selbst durch unsere eigenen Sinneswerkzeuge erhalten. Daher können wir gar keine Vorstellung von Sinnesthätigkeiten haben, die wir nicht selbst auszuüben im Stande sind. So wenig der Blindgeborene eine Ahnung vom Wesen der Farben, so wenig der Taubstummgeborene eine Vorstellung vom Wesen der Töne haben kann, so wenig kann der Mensch überhaupt eine Ahnung von den Sinnesthätigkeiten anderer Thiere haben, die dem Menschen selbst fehlen.

Bekanntlich unterscheidet man beim Menschen gewöhnlich fünf verschiedene Sinneswerkzeuge. Von diesen nimmt die äussere Hautdecke, die als das Organ des Tastsinnes und Wärmesinnes zwei verschiedene Empfindungs-Qualitäten vermittelt, die niederste Stufe ein; Zunge und Nase, als Werkzeuge der Geschmacks- und Geruchs-Empfindung, stehen auf einer mittleren Bildungsstufe, während Ohr und Auge, die ästhetischen Organe des Gehör- und Gesichts-Sinnes, sich zur höchsten Stufe der Vollkommenheit erheben. Die vergleichende Anatomie und Physiologie lehrt uns aber, dass mit diesen sechs verschiedenen Arten der menschlichen Sinnesthätigkeit das Gebiet der sinnlichen Empfindung im Thierreiche keineswegs erschöpft ist. Vielmehr kennen wir bei verschiedenen Thierklassen Organe von verwickeltem Bau, mit eigenthümlichen Nerven-Endapparaten, welche zwar Sinneswerkzeuge zu sein scheinen, aber zu keinem der uns bekannten Sinne gehören können. Solche Organe eines sechsten oder siebenten, uns unbekannten Sinnes sind z. B. becherförmige Nervenorgane in der Haut mancher Würmer, Gallertröhren und Schleimkanäle mit eigenthümlichen Nervenknöpfen und Bechern in der Haut der Fische (Fig. 8). Möglicherweise vermitteln solche Organe bei diesen wasserbewohnenden Thieren die Wahrnehmung gewisser Zustände des Wassers, von denen wir Nichts wissen.

In anderen Fällen schliessen wir aus den auffallenden Thätigkeiten gewisser Thiere, die mit Hülfe der uns bekannten Sinne nicht ausführbar erscheinen, auf die Anwesenheit uns unbekannter Sinnesorgane. Wenn wir den grausamen Versuch

Fig. 8.



Zwei becherförmige Sinnes-Organe (b) von unbekannter Bedeutung aus der Haut der Schleihe (Tinca). n Sinnesnerven in der Lederhaut, welche an die langgestreckten Sinneszellen der Becher (b) herantreten; zwischen letzteren gewöhnliche rundliche Hautzellen.

Spallanzani's wiederholen, und Fledermäuse, deren Augen und Nasen zerstört, deren Ohren mit Watte verstopft sind, in einem Zimmer fliegen lassen, in welchem viele Stricke ausgespannt sind, so fliegen diese verstümmelten Thiere trotzdem geschickt zwischen den Stricken durch, ohne anzustossen. Hier ist entweder ein besonderes unbekanntes Sinnesorgan im Spiele, oder der Tastsinn oder der Temperatursinn ist quantitativ so gesteigert, dass er uns als ein besonderer, qualitativ verschiedener Sinn erscheinen muss. Auch der bekannte Ortssinn der Wandervögel und der Brieftauben, so wie viele sogenannte „räthselhafte Instinkte" niederer Thiere lassen sich am leichtesten durch die Annahme besonderer Sinnesorgane erklären. Es giebt ja vielleicht viele unbekannte Eigenschaften der Naturkörper, von denen wir bloss deshalb keine Ahnung haben, weil uns die Empfindungsorgane dafür fehlen. Die Grenzen unserer Erkenntniss sind zunächst durch die Grenzen unserer sinnlichen Wahrnehmungen bestimmt.

Stets müssen wir bei solchen Betrachtungen der fundamentalen Thatsache eingedenk bleiben, dass es nicht die Eigenschaften der Naturkörper selbst sind, die wir sinnlich wahrnehmen, sondern nur die jeweiligen Zustände unserer Sinnesorgane, welche durch Druck, Wärme, Schallwellen, Lichtwellen u. s. w. in bestimmter Weise erregt werden. Der leitende Nerv aber, dessen Ausbreitung im Sinnesorgane den äusseren Eindruck aufnimmt, und der weiterhin diesen Eindruck zum Central-Organ, zum Gehirn leitet, ist in jedem einzelnen Sinneswerkzeuge nur einer bestimmten Art der Empfindung fähig. Der Sehnerv empfindet nur Lichtwellen, der Hörnerv nur Schallwellen; ebenso kann der Geruchsnerv nur Geruchsempfindungen, der Geschmacksnerv nur Geschmacksempfindungen

vermitteln; niemals aber kann der Sehnerv Töne oder der Hörnerv Farben wahrnehmen; niemals kann die Haut einen Brief lesen oder die Zunge eine Symphonie anhören, wie Spiritisten, Mesmeristen und ähnliche Betrüger behauptet haben. Auf diese Erkenntniss gründete der grosse Biologe Johannes Müller seine berühmte Lehre von der besonderen Leistungsfähigkeit der einzelnen Sinnesnerven, von ihrer specifischen Energie.

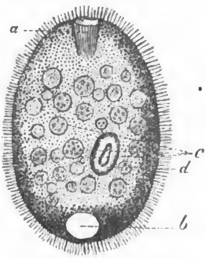
So bedeutungsvoll nun auch diese Lehre von der „specifischen Energie“ der Sinnesnerven ist, so erleidet sie doch durch unsere neuere Entwickelungslehre eine wichtige Einschränkung. Denn angesichts der keimesgeschichtlichen Thatsache, dass sich alle verschiedenen Sinneswerkzeuge sammt ihren specifischen Nerven aus der äusseren Haut entwickeln, müssen wir zugestehen, dass auch die besondere Leistungsfähigkeit der einzelnen Sinnesnerven nicht eine ursprüngliche Eigenschaft derselben, sondern durch Anpassung erworben ist. Sehnerv und Hörnerv nicht minder, als Geruchsnerv und Geschmacksnerv waren ursprünglich einfache Hautnerven, wie sie es bei niederen Thieren und bei den jüngsten Keimformen der höheren noch heute sind. Ursprünglich waren alle Empfindungsnerven nur fähig, einfache Veränderungen des Druckes und der Temperatur wahrzunehmen. Erst allmählich lernten einzelne von ihnen jene Einwirkungen verstehen, welche durch schmeckende und riechende Stoffe hervorgebracht werden; andere aber schlugen eine höhere Laufbahn ein und passten sich dem Verständniss der Schallwellen und Lichtwellen an. So sind also alle die verschiedenen Sinnesnerven ursprünglich durch Arbeitstheilung aus einfachen Hautnerven entstanden; und ebenso müssen wir die verschiedenen Sinneswerkzeuge, die ja eigentlich nichts Anderes als zusammengesetzte Nerven-Endausbreitungen sind, als locale Sonderungen oder Differenzirungen eines universalen Sinnesorganes, der äusseren Haut, betrachten. Das einfache Tastgefühl der letzteren, die Empfindung von Druckschwankungen und Wärmeschwankungen, bildet die Ursprungsquelle für die „specifischen Energien“ der höheren Sinnesnerven; auch diese haben sich erst allmählich historisch entwickelt.

Diese stammesgeschichtliche Erkenntniss wird noch wesentlich erweitert, wenn wir von den niederen Thieren noch weiter

hinabsteigen zu jenen niedersten Organisations-Formen, die bald als Urthierchen, Infusorien oder Protozoen bezeichnet, bald als ein besonderes neutrales Protistenreich mitten zwischen Thierreich und Pflanzenreich gestellt werden.

Bei diesen merkwürdigen Urthierchen oder **Protisten**, von denen wir hier nur die lebhaften Wimperthierchen, die munteren Geisselschwärmer, die formenreichen Wurzelfüssler und die wichtigen Amoeben hervorheben wollen, treffen wir sinnliche Empfindungen auf verschiedenen Stufen der Entwickelung an. Die meisten sind nicht allein gegen Druck und gegen Temperatur-Veränderungen empfindlich, sondern auch gegen Licht. Stellt man ein Wassergefäss, in dem viele solche Urthierchen sich befinden, so an das Fenster, dass der eine Theil des Gefässes im Hellen, der andere im Dunkeln steht, so sammeln sich bald die meisten Arten an der Lichtseite an, einzelne Arten aber auch umgekehrt an der dunkeln Seite. Es giebt also schon unter diesen mikroskopischen Urthierchen sowohl Lichtfreunde, als Obscuranten. Manche scheinen auch Geruch und Geschmack zu besitzen, da sie ihre Nahrung mit grosser Sorgfalt auswählen.

Fig. 9.



Ein einzelliges Infusorium aus der Classe der Wimperthierchen oder Ciliaten (Prorodon). *a* Mundöffnung der Zelle mit trichterförmigem Schlundrohr. *b* contractile Blase. *c* Verschluckte Nahrungsballen im Protoplasma-Leib der Zelle. *d* Kern der Zelle. Auf der ganzen Oberfläche der Zelle stehen feine Härchen oder Wimpern, die sowohl zur Empfindung wie zur willkürlichen Bewegung dienen.

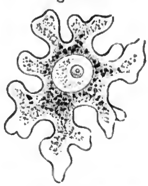
Obgleich nun so verschiedene Stufen und Arten sinnlicher Empfindung bei diesen kleinen Infusorien mit Leichtigkeit und Sicherheit nachzuweisen sind, so fehlen ihnen doch besondere Sinneswerkzeuge gänzlich; ja es fehlen ihnen sogar auch Nerven vollständig. Wir stehen hier also vor der wichtigen Thatsache, dass Sinnesthätigkeit ohne besondere Sinneswerkzeuge und ohne Nerven möglich ist. An die Stelle dieser letzteren tritt als empfindender Körper jene wunder-

bare formlose eiweissartige Substanz, die uns unter dem Namen Protoplasma oder organischer Bildungsstoff als die allgemeine und unentbehrliche Grundlage für alle Lebens-Erscheinungen bekannt ist.

Bei den meisten von jenen Urthierchen besitzt der ganze Körper zeitlebens nur den bescheidenen Formwerth einer einzigen einfachen Zelle, er besteht also bloss aus Protoplasma und aus einem davon umschlossenen Zellkern, Nucleus. Entweder die ganze strukturlose Masse des Protoplasma, oder nur die oberflächlichste, oft eigenthümlich gesonderte Schicht desselben vermittelt bei diesen einzelligen Protisten die sinnliche Empfindung und vertritt die Stelle der fehlenden Sinnesorgane. Doch beginnt bei Manchen schon die Sonderung solcher Werkzeuge, indem das Protoplasma an seiner Oberfläche feine Fäden, Borsten oder Härchen ausstreckt. Natürlich sind diese vorzugsweise den Druckveränderungen des umgebenden Wassers ausgesetzt und daher mehr zur Empfindung geeignet, als die übrige Oberfläche des einzelligen Körpers.

Während bei diesen Urthierchen oder Protozoen die einfache Zelle als solche alle Lebensthätigkeiten, Empfindung und Bewegung, Ernährung und Vermehrung, gleichzeitig zu vollziehen im Stande ist, finden wir dagegen bei allen echten Thieren (bei allen Metazoen) den Körper aus mehreren Zellen zusammengesetzt und seine verschiedenen Thätigkeiten auf mehrere Zellen-Gruppen vertheilt. Aber auch hier besteht überall im ersten Beginne seiner individuellen Existenz der ganze Thierkörper nur aus einer einzigen Zelle, und das ist die Eizelle. Bei manchen niederen Pflanzenthieren, namentlich den Schwämmen oder Spongien, bewegt sich die Eizelle selbstständig, gleich einer Amoebe kriechend, im Körper umher und äussert dann auch deutliche Empfindung, indem sie sich bei Berührung oder Reizung zusammenzieht (Fig. 10).

Fig. 10.

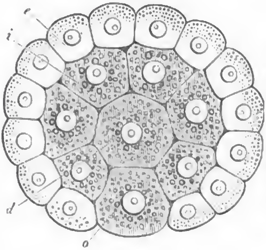


Eizelle eines Kalkschwammes (Olynthus), welche sich gleich einer Amoebe bewegt und empfindet.

Der einzellige Urzustand des Thierkörpers geht aber gleich nach erfolgter Befruchtung der Eizelle in den vielzelligen

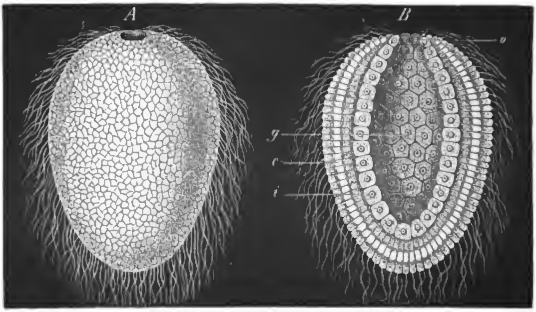
über. Gleich im ersten Anfang der Keimes-Entwickelung zerfällt die Eizelle durch wiederholte Theilung in zahlreiche Zellen. Der so entstandene kugelige Zellenhaufen verwandelt sich in eine Hohlkugel, deren Wand nur aus einer einzigen Zellenschicht besteht, und durch Einstülpung dieser Hohlkugel entsteht jene bedeutungsvolle Keimform, die wir mit dem Namen Gastrula oder Becherkeim belegen (Fig. 11). Bei allen echten Thieren oder Metazoen tritt im Laufe der individuellen Entwickelung vorübergehend eine Keimform auf, die sich auf eine

Fig. 11.



Gastrula des Säugethieres (Kaninchen). Der ganze Leib (im senkrechten Durchschnitt dargestellt) besteht (im Ganzen) aus 96 Zellen, nämlich 64 helleren und kleineren Zellen des Hautblatts (*e*) und 32 dunkleren und grösseren Zellen des Darmblatts (*i*). Die letzteren erfüllen auch die Magenhöhle (*d*) und Mundöffnung (*o*) der Gastrula.

Fig. 12.



Gastrula, Darmlarve oder Becherkeim eines Kalkschwammes (Olynthus). *A* von der Oberfläche, *B* im Längsschnitt. *e* Acusseres Keimblatt (Hautblatt oder Exoderm). *i* Inneres Keimblatt (Darmblatt oder Entoderm). *g* Urdarm (Magenhöhle). *o* Mundöffnung.

solche Gastrula zurückführen lässt; hingegen fehlt dieselbe bei allen Urthieren oder Protozoen.

Die becherförmige oder eiförmige Gastrula (Fig. 12) umschliesst einen einfachen Hohlraum, die verdauende Magenhöhle (*g*), und diese öffnet sich durch einen Mund, der zur Nahrungs-Aufnahme dient (*o*). Die Wand der Magenhöhle wird durch zwei verschiedene Zellenschichten gebildet, die sogenannten primären Keimblätter. Die innere Zellenschicht, das Darmblatt oder Entoderm (*i*), vermittelt blos die Ernährung und den Stoffwechsel des Körpers, aus ihm entwickeln sich die Ernährungs-Organe. Die äussere Zellenschicht hingegen, das Hautblatt oder Exoderm (*e*) ist für uns von besonderem Interesse. Denn die empfindlichen Zellen, welche dasselbe zusammensetzen, vermitteln die Erkenntniss der Aussenwelt und stellen als Haut der Gastrula das Sinnesorgan in einfachster Form dar.

Bei allen Metazoen entwickeln sich aus diesem Hautblatt nicht allein die Zellen, welche später die Haut zusammensetzen, sondern auch die Zellen, welche das Nervensystem und die übrigen Sinnesorgane bilden. Nervenzellen sowohl als Sinneszellen sind daher ursprünglich Abkömmlinge von Hautzellen; und es war vollkommen zutreffend, wenn schon vor dreissig Jahren Remack demgemäss die Hautschicht des zweischichtigen Keims als Sinnesblatt bezeichnete.

Während die meisten Thiere nur rasch vorübergehend in ihrer individuellen Entwickelung die Gastrula-Form durchlaufen, giebt es doch auch heute noch einige niedere Thiere, die sich in ausgebildetem Zustande nur wenig über dieselbe erheben. Solche permanente Gastrula-Formen sind die Gasträaden (Physemarien), die niedersten Schwämme oder Spongien, und die hydroiden Polypen. Unter letzteren ist namentlich der gewöhnliche Süsswasser-Polyp, Hydra, von besonderem Interesse. Denn obgleich dieses kleine becherförmige Thierchen gegen Berührung und Reizung, gegen Wärme und Licht sehr empfindlich ist, fehlen ihm doch gesonderte Sinnes-Organe ebensowohl wie ein Nerven-System; einzelne Zellen des Hautblattes sind es, welche deren Thätigkeit besorgen. Indessen treten doch schon hier Unterschiede in der Empfindlichkeit verschiedener Hautstellen

auf. Insbesondere localisirt sich ein feinerer Tastsinn in einem Kranze von zarten Fühlfäden, Fühlern oder Tentakeln, welche um den Mund herum stehen, und welche gleichzeitig als Fangfäden zum Ergreifen der Nahrung benutzt werden.

Solche Fühler oder „Tentakeln" finden sich überhaupt bei niederen Thieren sehr verbreitet vor, in grosser Mannigfaltigkeit und oft in ansehnlicher Zahl. Bei vielen wirbellosen Thieren verschiedener Gruppen, welchen Augen und Ohren fehlen, welche aber trotzdem gegen Licht- und Schall-Wellen empfindlich sind, scheinen die Oberhautzellen der Fühler deren Stelle zu vertreten, so z. B. bei den Korallen, Moosthierchen, vielen Würmern. Sehr häufig finden sich hier an gewissen Zellen der Oberhaut der Fühler feine, haarförmige oder borstenförmige Fortsätze und gerade diese haartragenden Hautzellen, die sich oft auch an anderen Körperstellen entwickeln, dürfen wir mit besonderem Rechte als „Sinneszellen" in Anspruch nehmen. Denn nicht allein sind bei jenen niederen im Wasser lebenden Thieren solche Hautzellen, deren Protoplasma sich in einen feinen, frei in das Wasser vorragenden Fortsatz verlängert, ganz besonders geeignet, Druckschwankungen und Temperatur-Veränderungen in dem umgebenden Wasser als solche wahrzunehmen, sondern sie erscheinen auch wohl geeignet, schnellere und regelmässig wiederkehrende Schwingungen des Wassers als Töne zu empfinden. Es ist daher wohl möglich, dass die sehr verbreiteten haartragenden Sinneszellen, die wir auf der Hautoberfläche niederer Thiere antreffen, zum grossen Theil nicht bloss einfache Tast- und Wärme-Empfindungen, sondern auch Schall-Wahrnehmungen vermitteln, dass sie bereits Anfänge von Hörorganen sind. Diese Annahme ist um so wahrscheinlicher, als Tastsinn und Hörsinn überhaupt sehr nahe verwandt sind, und als auch die ersten Entwickelungsstufen echter Hörorgane durch solche haartragende Hautzellen gebildet werden.

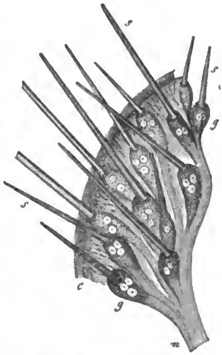
Die grosse Schwierigkeit, der wir schon hier begegnen, einfache Tastorgane von den ersten Anfängen wirklicher Hörorgane zu unterscheiden, ist von hohem Interesse. Denn es zeigt sich gerade hierin die nahe Verwandtschaft der verschiedenen Sinnes-Empfindungen, und es wird dadurch erklärlich, wie sich die höheren differenten Sinne ursprünglich aus dem

niederen indifferenten Gefühl der äusseren Haut haben entwickeln können. Dieselbe Schwierigkeit tritt uns bei vergleichender Betrachtung der anderen Sinne entgegen und findet auch hier dieselbe stammesgeschichtliche Erklärung.

Namentlich mit Bezug auf die beiden chemischen Sinnes-Werkzeuge, Geschmacks- und Geruchs-Organ, sind wir nicht im Stande bestimmte Angaben über ihre charakteristische Beschaffenheit und ihre Abgrenzung von indifferenten Tast-Organen zu machen.

So finden wir z. B. am Rüssel der Fliegen (Fig. 13) und an anderen Mundtheilen der Insekten feine Sinnesstäbchen (*s*) über die Haut vorragen. Diese Stäbchen oder Borsten stehen mit Sinnes-Zellen (*g*) in Zusammenhang, in welche Aeste des Sinnes-Nerven (*n*) übergehen. Wir können aber nicht sicher sagen, ob diese Sinnesstäbchen zum Tasten, zum Schmekken, zum Riechen dienen, oder auch vielleicht gemischte Sinnes-Empfindungen vermitteln. Denn auch die Geschmacks- und Geruchs-Empfindung ist der einfachen Tast-Empfindung noch sehr nahe verwandt, und wesentlich nur dadurch verschieden, dass die chemische Einwirkung verschiedener Körper auf die Sinneszellen von diesen in verschiedener Weise wahrgenommen, in differente Geschmacks- und Geruchs-Empfindungen umgesetzt wird. Beim Geschmacks-Organ geschieht die chemische Einmischung durch tropfbar flüssige, in Wasser gelöste Stoffe, bei dem Geruchs-Organ durch gasförmige, in der Luft feinzertheilte Stoffe; wenigstens bei den luftathmenden Wirbelthieren, über die allein wir in dieser Beziehung genauer unterrichtet sind.

Fig. 13.



Ein kleines Hautstückchen vom Rüssel der Fliege (Musca) im senkrechten Durchschnitt. Ein Sinnesnerv (*n*) tritt an die empfindliche Oberhaut heran, deren Cuticula mit feinen Härchen besetzt ist (*c*). Die Aeste des Nerven gehen in Gruppen von Sinneszellen (*g*) über, welche in vorragende Sinnesstäbchen (*s*) endigen.

Es ist daher auch sehr zweifelhaft, ob nicht viele Organe, die man bei niederen, im Wasser lebenden Thieren als einfachste Geruchswerkzeuge beurtheilt, in der That vielmehr Geschmackswerkzeuge darstellen. Eine scharfe Grenze zwischen Geschmack und Geruch lässt sich ebenso wenig ziehen, als zwischen diesen beiden chemischen Sinnen und dem Tastsinn.

Daher gehen auch die Ansichten der Zoologen über die Verbreitung der beiden chemischen Sinne bei niederen Thieren sehr weit auseinander. Viele glauben, dass Geschmacks- und Geruchs-Empfindungen hier sehr allgemein verbreitet sind und nur selten ganz fehlen; andere glauben, dass sie der Mehrzahl der niederen Thiere fehlen. Sicher steht so viel fest, dass sehr viele niedere Thiere ihre Nahrung mit grosser Sorgfalt wie echte Feinschmecker auswählen; und von den Insekten namentlich wissen wir auch, dass sie zum Theil einen ausserordentlich feinen Geruch besitzen und riechende Stoffe auf weite Entfernungen hin wittern. Aber bestimmte Organe für die Empfindung schmeckender und riechender Stoffe sind meistens mit voller Sicherheit nicht bekannt. Wo wir dieselben mit einiger Sicherheit kennen, da sind es nur verschiedene Stellen der äusseren Hautdecke, deren Zellen sich der chemischen Sinnesempfindung angepasst haben; Becherzellen zum Schmecken, Stäbchenzellen zum Riechen. Oft finden sich besondere Grübchen in der Nähe des Mundes, in denen solche Schmeckzellen und Riechzellen angebracht sind.

Selbst bei den höheren Wirbelthieren und beim Menschen, wo die Geschmacksorgane in der Mundhöhle, die Geruchsorgane in der Nasenhöhle liegen, sind die schmeckenden und riechenden Zellen derselben Abkömmlinge von äusseren Hautzellen. Die Mundhöhle sammt Zunge und Gaumen gehört ihrem Ursprung nach nicht dem übrigen Ernährungskanal, sondern der äusseren Haut an, ebenso die Nasenhöhle. Beide entstehen durch Einstülpungen von aussen her. Die Schmeckzellen der Zunge und die Riechzellen der Nase stammen also in der That nicht von Zellen des inneren, sondern des äusseren Keimblattes ab.

Die Schmeckzellen oder Geschmacks-Zellen (Fig. 14*a*) sind beim Menschen, wie bei den übrigen Säugethieren dünne, stäbchenförmige oder stiftförmige Zellen, welche mit den Endfasern des Geschmacksnerven zusammenhängen und von

breiteren Deckzellen (*b*) schützend umgeben sind. Diese bilden vereinigt zahlreiche Schmeckbecher (Fig. 15) oder becherförmige „Geschmackszwiebeln“, auch „Geschmacksknospen“ genannt, die auf der Zunge zerstreut sind. Im Innern jedes Schmeckbechers liegt ein Bündel von Schmeckzellen, aussen umgeben von umhüllenden Deckzellen. Wenn die Nahrung auf der Zunge mit den Schmeckbechern in Berührung kommt, erfolgt die Geschmacks-Empfindung durch die Schmeckzellen.

Sehr ähnlich den Schmeckzellen der Zunge sind auch die Riechzellen oder „Geruchszellen“ in der Schleimhaut der Nase, ebenfalls sehr dünne und schlanke Zellen, welche senkrecht in

Fig. 14.



Fig. 14. Schmeckzellen von der Zunge eines Kaninchens. *a* Vier einzelne Schmeckzellen, unten mit feinsten Endästen des Geschmacksnerven zusammenhängend. *b* Zwei Schmeckzellen mit einer Deckzelle zusammenhängend.

Fig. 15.

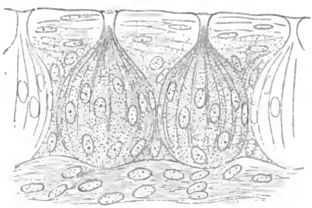


Fig. 15. Vier Schmeckbecher von der Zunge eines Kaninchens (nur die zwei mittleren vollständig ausgeführt). Senkrechter Durchschnitt durch die Zungenoberfläche.

der Haut-Oberfläche stehen, und deren inneres Ende mit einem feinsten Endfäserchen des Riechnerven oder Geruchsnerven in unmittelbarer Verbindung steht (Fig. 16, 17). Gewöhnlich unterscheidet man in der Nasenschleimhaut der Wirbelthiere zweierlei Arten von Riechzellen, die möglicherweise für die Geruchsempfindung verschiedene Bedeutung haben. Die dünneren, oft fadenartig dünnen, stiftförmigen Riechzellen sind in der Mitte (wo der Zellkern liegt) stark angeschwollen (Fig. 16*e*)

Fig. 16.

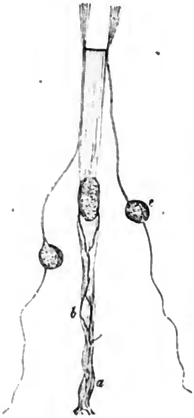


Fig. 17.



Fig. 16. **Drei Riechzellen** aus der Nase eines **Amphibiums** (Proteus). In der Mitte eine stärkere Cylinderzelle (*a*, *b*) ohne Härchen; zu beiden Seiten derselben zwei fadenförmige Riechzellen, welche in der Mitte kugelig angeschwollen sind und am Ende ein Büschel feinster Riechhärchen tragen.

Fig. 17. **Fünf Riechzellen vom Menschen**, drei dünnere, stiftförmige, und dazwischen zwei dickere, cylindrische; alle hängen unten mit Endfäserchen des Riechnerven zusammen.

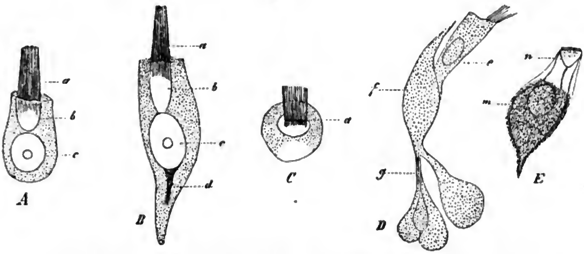
und tragen bei den Amphibien am freien Ende ein Büschel von äusserst feinen und dünnen „Riechhärchen". Die dickeren, stabförmigen oder cylindrischen Riechzellen hingegen (Fig. 16*a*, *b*) tragen keine solche Härchen und werden von Manchen für einfache Epithel-Zellen gehalten. Die **Nasenschleimhaut**, in welcher die Riechzellen sitzen, kleidet zwar bei den höheren Wirbelthieren, wie beim Menschen, die innere Wand der Nasenhöhle aus; ursprünglich aber ist auch sie **ein Theil der äusseren Hautdecke**. Denn auch hier entsteht die Nase in derselben Form, welche sie bei den Fischen zeitlebens beibehält, in Form von ein paar Grübchen der äussern Haut. Erst im Laufe der Keimes-Entwickelung rücken diese „Riechgrübchen" (Fig. 3—5*n*) allmählich in das Innere hinein, und ebenso haben sie auch im Laufe der Stammesgeschichte dieselbe Orts-Veränderung vollzogen. Die **Riechzellen** der Nase sind also, ebenso wie die **Schmeckzellen** der Zunge, **historisch Abkömmlinge von gewöhnlichen Tastzellen der äusseren Oberhaut.**

Wenn man herkömmlicherweise zwischen **niederen** und **höheren** Sinnesorganen unterscheidet, so gebührt diese letztere Bezeichnung eigentlich nur jenen beiden edelsten und wunder-

barsten Organen des Thierkörpers, die wir als Ohr und Auge bezeichnen. Denn nur das Gehörwerkzeug und das Gesichtswerkzeug erreichen jene staunenswürdige Vollendung des feineren Baues und jene entsprechende Vielseitigkeit der Arbeitsleistung, welche sie zu den werthvollsten Instrumenten unseres Seelenlebens macht. Nur das Hörorgan und das Sehorgan sind die ästhetischen Sinneswerkzeuge, die unschätzbaren psychischen Instrumente, welche uns die Pforte zu den höchsten Gütern des Menschenlebens, zu Kunst und Wissenschaft, eröffnen.

Während daher die niederen Sinneswerkzeuge der Druck- und Wärmeempfindung, des Geschmacks- und Geruchssinnes, überall im Thierreiche verhältnissmässig einfache und einförmige Einrichtungen zeigen, treffen wir dagegen bei den höheren Sinnesorganen des Hörens und Sehens eine Fülle von verwickelten und mannigfaltigen Einrichtungen an, die unser höchstes Erstaunen erregen. Aber trotzdem sind auch hier wieder die eigentlichen Vermittler der Empfindung nur veredelte Zellen, und diese „ästhetischen Zellen", die Hörzellen des Ohres, wie die Sehzellen des Auges, sind wiederum ihrem

Fig. 18.



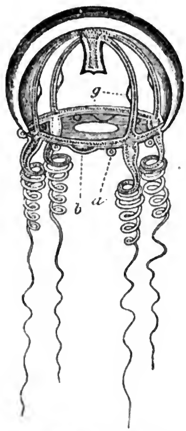
Hörzellen aus der sogenannten „Schnecke" vom Ohre einer Taube (Columba). *A*, *B*, *C* drei einzelne „Haarzellen", *A* und *B* von der Seite (im Profil), *C* von der äussern Endfläche gesehen. *a* Bündel von Hörhärchen; *b* helle, becherförmige Stelle; *c* Kern mit Kernkörper; *d* dunkler Faden (der wahrscheinlich in eine feinste Nerven-Endfaser übergeht). *D* Eine Haarzelle (*e*) in Verbindung mit einer Zahnzelle (*f*) und eigenthümlichen Kolben-Anhängen (*g*). *E* Eine „Tegmental-Zelle" mit dunklem Innenstück (*m*) und hellem Aussenstück (*n*).

ältesten Ursprunge nach nichts Anderes, als umgebildete und eigenthümlich ausgebildete Zellen der Oberhaut.

Die merkwürdigen Hörzellen des Ohres sind zu ihrer besonderen Leistung, zur Schallempfindung, dadurch befähigt, dass sie feine borstenförmige Fortsätze tragen, die Hörhärchen (Fig. 18 Hörzellen aus dem Ohre der Taube).

Daher werden sie auch als „Haarzellen" (nicht recht passend) bezeichnet. Bald trägt jede Hörzelle oder Haarzelle nur ein feines Hörhärchen, bald ein ganzes Bündel oder Büschel von solchen. Die Schallwellen, welche durch das Wasser oder durch die Luft dem Thierkörper zugeleitet werden, treffen diese Hörzellen, und versetzen deren Härchen in Schwingungen. Bei vielen anderen Thieren sind wahrscheinlich solche einzelne Hörzellen in der äussern Oberhaut unregelmässig oder an bestimmten Stellen zerstreut, so z. B. bei Polypen, Medusen, Würmern u. s. w. Bei den meisten niederen Thieren aber sind die Hörzellen im Innern von zwei kugeligen Bläschen angebracht, welche gewöhnlich in der Nähe der Nervencentra liegen, bald tiefer im Innern, bald ganz oberflächlich, unter der Haut. Viele Medusen besitzen zahlreiche Hörbläschen, welche ganz frei am Schirmrande liegen; so trägt z. B. Eucope deren acht. (Fig. 19). Diese „Hörbläschen" (Fig. 20 *a*) sind mit Flüssigkeit oder Gallerte erfüllt und ihre Wand ist innen mit einer Schicht Zellen ausgekleidet, die entweder sämmtlich oder doch theilweise feine Härchen tragen und sich dadurch als Hörzellen ausweisen (Fig. 21 *e*).

Fig. 19.



Eine Meduse (Eucope). In der Mitte des glockenförmigen Körpers hängt oben der Magen, von welchem vier Ernährungs-Canäle zum Rande des Schirmes gehen. In der Mitte der Canäle liegen die Eier (*g*). Am Rande des Schirms (*b*) hängen vier Fangfäden und dazwischen acht Gehörbläschen (*a*).

Von aussen tritt ein Hörnerv an das Bläschen heran (Fig. 20) und ver-

Fig. 20.

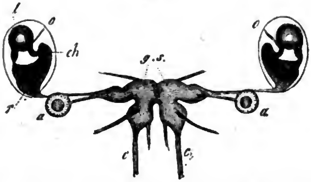


Fig. 21.

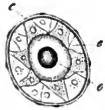


Fig. 20. Seelen-Apparat einer Flossenschnecke (Firola oder Pterotrachea). *a* Hörbläschen. *gs* Gehirn. *c* Nerven (Schlundring). *o* Augen. *l* Linse. *ch* Pigmenthaut des Auges. *r* Ausbreitung des Sehnerven.

Fig. 21. Hörbläschen einer Muschel (Cyclas). *c* Aeussere Kapsel des Hörbläschens. *e* Hörzellen (mit Hörhärchen). *o* Hörsteinchen (Otolith).

theilt seine feinsten Fäserchen an die einzelnen Hörzellen. In der Mitte des Bläschens schwebt gewöhnlich ein Hörsteinchen oder Otolith (Fig. 21 *o*) d. h. eine Kugel, die aus kohlensaurer Kalkerde besteht, oder eine Concretion, die aus vielen Kalkkrystallen zusammengesetzt ist. Die zarten Spitzen der Hörhaare, wie wir die feinen Härchen der Hörzellen nennen, scheinen meistens die Oberfläche des Hörsteinchens zu berühren. Die Schwingungen der Schallwellen, welche von aussen durch die Körperwand dem Hörbläschen zugeleitet werden, übertragen sich durch dessen Wand auf das Hörwasser und den darin schwebenden Hörstein. Die Hörhärchen nehmen die hier gesammelten Schallwellen auf und übersetzen sie in die Empfindung des Geräusches oder Tones, der nun durch den Hörnerven dem Nerven-Centrum zugeführt wird.

In dieser einfachen Form, als kugelige, geschlossene Hörbläschen, welche Hörwasser und in der Mitte einen Hörstein enthalten, treffen wir die Hörorgane bei sehr vielen Würmern verschiedener Klassen, bei Mantelthieren, Muscheln, Schnecken, Kracken und Krebsen an. Unter den Krebsthieren aber zeichnen sich viele, unter Anderen auch unser gewöhnlicher Flusskrebs und der Hummer, dadurch aus, dass die Hörbläschen nicht geschlossen, sondern durch einen kurzen Gang mit der äussern Haut verbunden sind und hier offen in das Wasser münden. An Stelle der gewöhnlichen kalkigen Hörsteinchen, die vom Thier selbst gebildet werden, finden sich aber bei

diesen Krebsen kleine Kieselsteinchen oder Sandkörnchen, die von aussen aufgenommen werden. Trotzdem ist der Gehörsinn hier sehr entwickelt und zahlreiche feine Härchen an der Innenwand der Hörtasche dienen zur Wahrnehmung der verschiedenen Töne. Giebt man auf einer Violine Töne von verschiedener Höhe an und beobachtet gleichzeitig die Hörtasche unter dem Mikroskop, so sieht man, dass bei jedem Ton nur ein bestimmtes Hörhaar in Schwingung geräth. Es ist also eine förmliche Tonklaviatur vorhanden, so dass der Wellenzahl jedes Tones ein Härchen von bestimmter Länge entspricht.

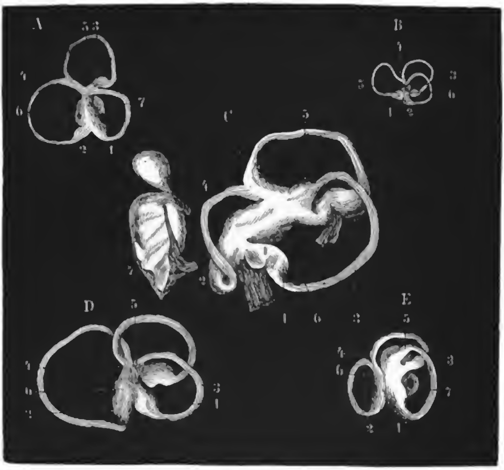
Diese Thatsachen sind in mehrfacher Beziehung von hohem Interesse, vorzüglich deshalb, weil sie uns auf die Ursprungsstätte der inneren Hörbläschen hinführen, auf die äussere Haut. Die Hörbläschen entstehen in der Hautoberfläche als seichte Grübchen, die mit Haarzellen ausgekleidet sind. Allmählich werden diese Grübchen tiefer, gestalten sich zu Hörtaschen und indem sie sich ganz von der Haut abschnüren, zu geschlossenen Hörbläschen. Auch bei den Medusen lässt sich, ebenso wie bei den Krebsen, durch vergleichende Zusammenstellung der neben einander vorkommenden Entwickelungsstufen diese stammesgeschichtliche Entstehung der Gehörbläschen feststellen und durch die keimesgeschichtliche Untersuchung wird sie lediglich bestätigt. Bei manchen Medusen sind es sogar verkürzte Fühler, welche sich unmittelbar in Hörbläschen verwandeln; sie werden von der äussern Haut umwachsen und liegen dann als Hörkölbchen im Innern eines Bläschens. Die Hörhaare im Innern desselben, welche jetzt Schallwellen empfinden, waren früher einfache Tasthaare der Oberhautzellen und empfanden nur Druckschwankungen; sie haben sich allmählich dem Verständniss der schnelleren Schallschwingungen angepasst.

Wir sehen hier wieder, wie schwierig die Unterscheidung zwischen Hörorganen und Tastorganen ist. Denn wir können es den zarten Hörhärchen unter dem Mikroskope nicht ansehen, ob sie bloss Druckschwankungen wahrnehmen, oder ob sie bereits Schallschwingungen empfinden gelernt haben. Das ist aber um so mehr zu berücksichtigen, als wir bei vielen niederen Thieren, namentlich Gliederthieren, welche offenbar Gehör besitzen, bisher nicht im Stande gewesen sind, besondere Organe

dafür nachzuweisen. Gerade bei diesen Gliederthieren aber finden wir haartragende Sinneszellen, die mit Hautnerven zusammenhängen, in der Haut weit verbreitet vor; und da ihr fester und elastischer Hautpanzer für die Fortpflanzung der Schallwellen vorzüglich sich eignet, ist es sehr wohl möglich, dass verschiedene Stellen der Hautdecke hier als Hörwerkzeuge thätig sind. Diese Vermuthung ist um so mehr gerechtfertigt, als auch ausgebildete Hörbläschen bei den Gliederthieren an sehr verschiedenen Hautstellen auftreten. Während sie bei unseren gewöhnlichen Krebsen und Krabben ganz vorn im Kopfe, an der Basis der inneren Fühler liegen, finden wir sie dagegen bei anderen Krebsen (Mysis) umgekehrt hinten am Schwanz. Bei den musikalischen Heuschrecken liegen die Gehörorgane bald an den Seiten der Brust, so bei den berüchtigten Wanderheuschrecken (Acridina), bald sogar in den Schienbeinen der Vorderfüsse (z. B. bei den Heimchen und den grünen Graspferdchen, Grylliden und Locustiden). Unzweifelhaft sind diese Gehörorgane an verschiedenen Stellen, unabhängig von einander, bei den verschiedenen Gliederthieren aus der Haut entstanden. Denn wenn sie von einer gemeinsamen Stammform ererbt wären, würden sie an entsprechenden (oder homologen) Körperstellen liegen.

Auf eine weit höhere Entwickelungsstufe erhebt sich das Hörorgan bei den Wirbelthieren, obgleich sich die Einrichtung desselben im Wesentlichen an diejenige der Würmer anschliesst. Mit einziger Ausnahme des niedersten Vertrebraten, des berühmten Lanzetthierchens (Amphioxus), finden wir bei allen Wirbelthieren, von den Fischen bis zum Menschen hinauf, im Kopfe ein paar ansehnliche Hörblasen vor. Jede Blase besteht aber aus zwei Abtheilungen, aus dem oberen Gehörschlauch und dem unteren Gehörsäckchen. In jeder Abtheilung liegt ein Hörstein oder ein Haufen von zusammengebackenen Kalkkrystallen; und in deren Nähe breitet sich auf der Innenwand der Bläschen der Hörnerv aus, dessen feinste Fäserchen mit den hier sitzenden Hörhaaren in Verbindung treten. Von dem oberen Hörschlauch gehen überall drei ring- oder halbcirkelförmige Kanäle aus; ihre Höhle steht mit derjenigen des Hörschlauchs in Verbindung und ist ebenfalls mit Hörwasser gefüllt (Fig. 22).

Fig. 22.



Hörbläschen (oder sogenannte „häutige Hörlabyrinthe") von verschiedenen Wirbelthieren: *A* vom Menschen, *B* vom Kalbe, *C* vom Hechte, *D* vom Geier, *E* vom Frosche. 1, 2, 3 Die drei Ringcanäle (1 horizontaler, 2 oberer, 3 hinterer); 4 gemeinsames Canalstück; 5 Ampulle (blasenförmige Erweiterung). 6 Gehörschlauch. 7 Gehörsäckchen.

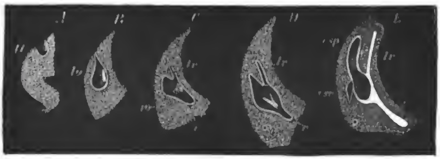
Von dem unteren Hörsäckchen hingegen entwickelt sich bei den höheren Wirbelthieren ein eigenthümliches Organ, das man wegen seiner äusseren Aehnlichkeit mit einem Schneckenhause die Schnecke genannt hat. Wie es scheint, ist diese Schnecke allein im Stande, die musikalischen Tonempfindungen zu vermitteln, während der Gehörschlauch nur zur Wahrnehmung von Geräuschen befähigt ist.

Der feinere Bau dieses inneren Gehörorganes ist beim Menschen und bei den höheren Wirbelthieren so ausserordentlich verwickelt, dass man ihm mit Recht den Namen des Labyrinthes beigelegt hat. Und doch ist der erstaunliche Wunderbau dieses Labyrinthes, aus dessen Irrgängen uns nur der Ariadnefaden der Entwickelungsgeschichte den Ausweg zeigt,

ursprünglich weiter Nichts als ein einfaches Hörbläschen, und ist auch gleich den einfachen Hörbläschen der niederen Thiere aus der äusseren Haut entstanden. Diese merkwürdige Entdeckung wurde im Jahre 1831 von Emil Huschke in Jena gemacht. Um uns von ihrer Richtigkeit zu überzeugen, brauchen wir bloss ein Hühnerei zu untersuchen, das anderthalb Tage in der Brütmaschine gelegen hat. Da erblicken wir seitlich an der Kopfanlage des jungen Hühnerkeims ein paar seichte Grübchen, von den Zellen des Hautsinnesblattes ausgekleidet. Schon am dritten Tage der Bebrütung sind dieselben zu tiefen Hörtäschchen geworden, die nur noch durch einen engen Gang mit der äusseren Haut zusammenhängen (vergl. oben Fig. 3, 4 *g*); und am Ende des dritten Tages schnüren sie sich vollständig von der Haut ab (Fig. 23, *A*, *B*). Am vierten Tage rücken die abgeschnürten rundlichen Hörbläschen bereits tiefer in den Kopf hinein. Bald schnürt sich jedes Bläschen in der Mitte ein, so dass sich der obere Hörschlauch vom unteren Hörsäckchen sondert. (Fig. 23, *C*. *D*.)

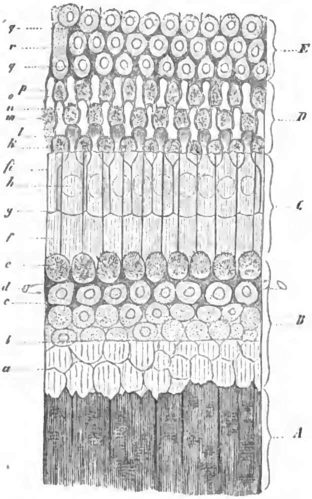
In beiden Abtheilungen bilden sich Hörsteinchen. Aus dem Hörschlauch wachsen die drei Ringcanäle hervor, aus dem Hörsäckchen die Schnecke (Fig. 23 *E*). So sind denn alle Hauptbestandtheile des Labyrinthes angelegt und erlangen allmählich ihre feinere Ausbildung. Aber auch die feinsten Hörzellen, welche sich später in der Schnecke entwickeln, sind doch ursprünglich Nichts, als Abkömmlinge von gewöhnlichen Hautzellen. Auch hier wieder ist die Keimesgeschichte nur

Fig. 23.



Entwickelung des Hörbläschens (oder Gehör-Labyrinthes) beim bebrüteten Hühnchen (in fünf auf einander folgenden Stufen, *A*—*E*). (Senkrechte Querschnitte der Schädelanlage. *fl* Gehörgrübchen. *lv* Gehörbläschen. *lr* Labyrinthanhang. *c* Anlage der Schnecke. *csp* Hinterer Bogengang. *cse* Aeusserer Bogengang. *jv* Jugular-Vene (Drosselader).

Fig. 24.



Ein Stückchen vom Corti'schen Organ oder der Deckmembran aus der Schnecke des Hundes. *A* Spiralkamm. *B* Innere Zellendecke (Epithel der Spiralfurche). *C* Pfeilerköpfe (Corti'sche Bogen). *D* Netzplatte mit den äusseren Haarzellen. *E* Aeussere Zellendecke (Epithel der Grundmembran). *a* Zellen der Spiralfurche. *b* Aeussere Grenzlinie der Hörzähne. *c*, *q* Maschenwerk zwischen den Deckzellen. *d* Spiralgefäss. *e* Innere Haarzellen. *f* Innere Pfeilerköpfe. *g* Grenze zwischen *f* und *h*. *h* Aeussere Pfeilerköpfe. *k*—*p* Drei Reihen von äusseren Haarzellen. *r* Stützzellen. (Stark vergrössert.)

ein gedrängter Auszug der Stammesgeschichte; und auf demselben Wege, auf dem sich das Hörlabyrinth des Hühnerkeims in wenigen Tagen aus der äusseren Haut entwickelt, auf demselben Wege hat sich auch der Wunderbau unseres menschlichen Hörlabyrinthes im Laufe vieler Millionen Jahre aus einfachen Hörbläschen niederer Thiere geschichtlich entwickelt.

Derjenige Theil des Hörlabyrinthes, der beim Menschen und den übrigen höheren Wirbelthieren alle anderen Theile an bewunderungswürdiger Feinheit und Zusammensetzung des Baues übertrifft, ist das sogenannte Corti'sche Organ oder die Deckhaut der Schnecke (Membrana tectoria cochleae, Fig. 24).

Dieses wunderbare Organ verhält sich zu dem einfachen Hörbläschen niederer Thiere (Fig. 18) ungefähr ähnlich, wie ein Bechstein'scher Flügel erster Qualität mit seiner unübertroffenen Claviatur zu der einfachen schwingenden Schnur oder Saite, die

ein Indianer über einen Bogen gespannt hat. Da finden wir in dem Schneckenkanal einen tunnelartigen Gang, der von einer Reihe zierlicher knöcherner Bogen, den Corti'schen Bogen überwölbt wird (*c*). Jeder Bogen besteht aus einem inneren (*f*) und einem äusseren Pfeiler (*h*). Auf diesen Corti'schen Bogen ruhen die wichtigsten akustischen Bestandtheile der Schnecke, die mit feinen Borsten besetzten, musikalischen Haarzellen, in denen die feinsten Fäserchen des Hörnerven endigen. Auf den Köpfen der inneren Pfeiler (*f*) ruht nur eine Reihe von inneren Haarzellen (*e*), dagegen auf den Köpfen der äusseren Pfeiler (*h*) 3—5 Reihen von äusseren Haarzellen (*k—p*). Es ist wahrscheinlich, dass die Zahl und Ausbildung dieser Haarzellen die musikalischen Fähigkeiten der verschiedenen Säugethiere bedingt. Der musikalische Culturmensch scheint 4—5 Reihen, der rohe Naturmensch 3—4 Reihen, das gewöhnliche Säugethier aber nur 3 Reihen von äusseren Haarzellen zu besitzen; der Wagner'sche Musikmensch der Zukunft wird wahrscheinlich 6 oder noch mehr Reihen besitzen. Die höchst verwickelte Zusammensetzung und Anordnung der Zellen im Corti'schen Organ erinnert vielfach an die ähnlichen Verhältnisse in der Sehhaut oder Netzhaut des Auges; und wie die letztere aus einer einfachen Schicht von Sehzellen, so hat sich das erstere aus einer einfachen Lage von Hörzellen im Laufe vieler Millionen Jahre allmählich entwickelt. Sowohl diese Sehzellen, wie jene Hörzellen stammen von gewöhnlichen Oberhautzellen ab und haben sich erst allmählich von der äusseren Hautfläche in das geschützte Innere des Körpers zurückgezogen.

Mit dem Ausbau dieses bewunderungswürdigen Labyrinthes ist nun aber die Zusammensetzung des akustischen Apparats beim Menschen und den höheren Wirbelthieren keineswegs erschöpft. Vielmehr gesellen sich zu diesem wesentlichsten Theile des Hörorgans noch andere äussere Theile, welche die Schallwellen auffangen und zum Labyrinthe hinführen. Den Fischen fehlen solche noch. Bei diesen Wasserthieren treten die Schallwellen unmittelbar aus dem Wasser auf die Haut und die Kopfknochen über, und von da auf das innen im Kopf gelegene Labyrinth. Bei manchen Fischen wird die Schallempfindung noch dadurch verstärkt, dass das Labyrinth in eigenthümliche

Verbindung mit der luftgefüllten Schwimmblase tritt und zwar bei den Häringen mittelst besonderer Luftcanäle, bei den Karpfen und Welsen durch eine Kette von Gehörknöchelchen. Der hydrostatische Apparat der Schwimmblase dient dann als Resonanzboden.

Ein besonderer Schallleitungsapparat entwickelt sich bereits bei den Amphibien, den Salamandern, Fröschen u. s. w. Da diese Thiere abwechselnd im Wasser und auf dem Lande leben, ist ihnen ein solcher Apparat, bei der schlechteren Schallleitung der Luft, von grossem Vortheil. Ein rundes Trommelfell oder Paukenfell, das in der äusseren Kopfhaut liegt und die Schallwellen aus der Luft aufnimmt, begrenzt eine luftgefüllte Trommel- oder Paukenhöhle, welche durch eine Röhre, die Ohrtrompete, in die Schlundhöhle mündet. Das Labyrinth liegt innen an der Trommelhöhle und erhält die Schallwellen theils durch die darin enthaltene Luft zugeführt, theils durch das Hörsäulchen (Columella), einen stabförmigen Knochen, welcher das Trommelfell direkt mit der Labyrinthwand verbindet. Dieser ganze Leitungsapparat, den die Amphibien weiterhin auf die höheren Wirbelthiere vererbt haben, hat sich ursprünglich aus der ersten Kiemenspalte und den beiden angrenzenden Kiemenbogen der Fische entwickelt; das wird durch die vergleichende Anatomie im Einklang mit der Keimesgeschichte bewiesen.

Fig. 25.



Gehörorgan des Menschen. (Linkes Ohr, von vorn gesehen.) *a* Ohrmuschel. *b* Aeusserer Gehörgang. *c* Trommelfell. *d* Trommelhöhle. *e* Ohrtrompete. *fgh* Die drei Gehörknöchelchen (*f* Hammer, *g* Ambos, *h* Steigbügel). *i* Gehörschlauch. *k* Die drei Ringcanäle. *l* Gehörsäckchen. *m* Schnecke. *n* Hörnerv.

Ein Entwickelungsproduct der äusseren Kopfhaut aus viel späterer Zeit ist das äussere Ohr, welches der Mensch mit den Säugethieren theilt.

Dieses äussere Ohr besteht aus der Ohrmuschel (Fig. 25 *a*), welche die Schallwellen aus der Luft auffängt, und dem äusseren Gehörgang (*b*), der sie zum Trommelfell (*c*) führt. Dieselben entwickeln sich aus einer ringförmigen Hautfalte, welche die Umgebung der ersten Kiemenspalte begrenzt. Bei den feinhörigen Säugethieren, die an Schärfe des Gehörs den Menschen bei weitem übertreffen, ist die Ohrmuschel viel stärker entwickelt und frei beweglich. Durch besondere Muskeln wird sowohl ihre Stellung als ihre Form verändert, um die Schallwellen aus verschiedenen Richtungen in möglichst günstiger Lage aufzufangen. Ganz auffallend gross und beweglich sind daher die äusseren Ohren bei Wüstenbewohnern, bei den Springmäusen und Füchsen der Sahara; denn hier gilt es, in der Todesstille der weiten Ebene auch die leisesten Töne aus weiter Ferne aufzufangen. Beim Menschen hingegen, der an Schärfe und Feinheit der Schall-Empfindung wie der Geruchsempfindung weit hinter jenen Thieren zurücksteht, hat die Ohrmuschel ihren Werth verloren und ist zu einem unnützen oder rudimentären Organ herabgesunken. Menschen mit abgeschnittenen Ohren hören noch eben so gut wie vorher. Auch bei vielen Hausthieren mit schlaff herabhängenden Ohren, Hunden, Kaninchen, Ziegen, hat der Nichtgebrauch der Ohrmuskeln in Folge des Culturzustandes zu ihrer Entartung geführt; auch hier ist die Ohrmuschel allmählich überflüssig geworden und ausser Dienst getreten. Dass die Ohrmuschel des Menschen ein rudimentäres Organ ist, zeigt auch die ausserordentliche Mannigfaltigkeit ihrer Grösse und Gestalt, wodurch sie vielleicht alle anderen Organe übertrifft. In grossen Versammlungen, in denen unser Interesse nicht genügend gefesselt ist, giebt es keine lehrreichere Unterhaltung, als die vergleichende Betrachtung der unendlich mannigfaltigen Ohrmuscheln.

Die Australneger, Papuas, Hottentotten und andere Wilde, deren Gehörschärfe diejenige der Cultur-Völker weit übertrifft, können auch ihre Ohrmuschel gewöhnlich noch gut bewegen und einstellen. Indessen auch manche bevorzugte Personen unter den Culturvölkern sind heute noch dazu fähig, und einige berühmte Physiologen, z. B. Johannes Müller, haben es lediglich durch energische, lange fortgesetzte Willensanstrengung

und vieljährige Uebung dazu gebracht, ihre Ohren wieder frei und lebhaft zu bewegen. Es ist dies eins der merkwürdigsten Beispiele für die grosse Macht der Uebung und Gewohnheit, des gewaltigsten Hebels der Anpassung. Denn allein durch fortgesetzte Nerventhätigkeit, durch die Macht des anhaltenden Willens, sind hier alte, bereits ausser Dienst getretene Muskeln wieder in den activen Dienst zurückversetzt.

Auch in anderen Beziehungen liefert die geschichtliche Entwickelung unseres Gehörorgans uns sehr lehrreiche Aufschlüsse über die erstaunliche Macht der Uebung und Gewohnheit, der Erziehung und Anpassung. Welcher Gegensatz zwischen den rohen Ton-Empfindungen eines Wilden, dessen höchster musikalischer Genuss die rhythmische Wiederholung eines Geräusches oder höchstens eines einfachen Tones der Trommel oder Pfeife ist; und dem musikalischen Verständniss eines gebildeten Culturmenschen, dessen Ohr sich an den classischen Harmonien einer Mozart'schen Oper oder einer Beethoven'schen Symphonie ergötzt! Und welcher grössere Gegensatz noch zwischen diesen letzteren und den übercultivirten Schwärmern für Wagner'sche Zukunftsmusik, die nur noch in verwickelten Disharmonien das eigentliche Ziel ästhetischen Ton-Genusses finden! Schauen diese Zukunfts-Musiker doch auf die Ton-Empfindungen von uns gewöhnlichen Culturmenschen mit derselben mitleidigen Verachtung herab, mit der wir die rohe Tonkunst der Wilden, die einförmigen Klänge eines Tam-Tam oder einer schrillen Pfeife anhören. Aber auch unsere Stammältern vor fünftausend oder zehntausend Jahren waren sicher solche Wilde; und das musikalische Gehör unserer Kinder durchläuft in wenigen Jahren noch denselben Stufengang der Entwickelung, welchen in der Culturgeschichte die Ton-Aesthetik von der Wildenmusik bis zum Zukunfts-Concert durchlaufen musste!

Da sich jede organische Leistung oder Arbeit nur Hand in Hand mit ihrem Organ entwickelt, so unterliegt es keinem Zweifel, dass mit diesem geschichtlichen Fortschritte der Tonempfindung auch eine entsprechende Vervollkommnung unseres Hör-Labyrinths eng verknüpft ist. Der feinere Bau unserer Schnecke ist heute ein anderer, als er bei unseren wilden Vorfahren vor fünftausend Jahren war. Und auch das Hörlabyrinth

der wilden Naturvölker wird vermuthlich im feineren Bau noch heute gewisse Unterschiede von dem der Culturvölker darbieten. Damit steht nicht im Widerspruch, dass die ersteren ein schärferes Gehör besitzen als die letzteren. Denn die Schärfe des Ohres beim fernhörenden Wilden ist ganz etwas Anderes als die Feinheit des musikalisch gebildeten Gehörs beim Culturmenschen. Die stärkere quantitative Leistung des ersteren ist von der höheren qualitativen Leistung des letzteren ganz verschieden. Dasselbe gilt auch vom Geruchssinn und Gesichtssinn. Wenn die Wilden viel weiter in die Ferne sehen und viel deutlicher schwache Gerüche wahrnehmen können, als der Culturmensch, so ist ihnen doch dieser weit überlegen in der feinen Unterscheidung der Gerüche und in der ästhetischen Ausbildung des Farbensinns und Formensinns, dem Resultate tausendjähriger Culturentwickelung.

Ganz ähnliche Verhältnisse der historischen Entwickelung und der stufenweisen Ausbildung, wie beim Hörorgan, finden wir auch beim Sehorgan. Auch das Auge, dieses herrlichste und vollkommenste aller Sinneswerkzeuge, ist nicht durch den Machtspruch eines planmässig bildenden Schöpfers plötzlich in's Dasein gerufen worden, sondern hat sich gleich allen anderen Organen durch natürliche Züchtung im Kampfe um's Dasein langsam und allmählich von selbst entwickelt. Wie Aug und Ohr, diese beiden edelsten Sinneswerkzeuge, die Organe des Schönheitsgefühls, in ihrem anatomischen Bau und ihrer physiologischen Thätigkeit vielfach verschieden und doch vergleichbar sind, so gilt das auch von ihrer Entwickelungsgeschichte. In ähnlicher Weise, wie der Hörsinn des Ohres aus dem Tastsinn der Haut, hat sich der Lichtsinn des Auges aus dem Wärmesinn der Haut hervorgebildet. Die vergleichende Anatomie und Keimesgeschichte zeigt uns beim Auge, wie beim Ohr, eine lange Kette von verschiedenen Entwickelungsstufen. Auch hier dürfen wir daraus den stammesgeschichtlichen Schluss ziehen, dass das bewunderungswürdige Sehwerkzeug des Menschen und der höheren Thiere nur das letzte Ergebniss einer langen Reihe von Anpassungs-Vorgängen ist, die durch Vererbung allmählich angehäuft wurden und die

uns Schritt für Schritt von der niedersten zur höchsten Bildungsstufe hinauf führen.

Der erste Anfang des Sehorgans bei niederen Thieren ist nichts Anderes, als ein einfacher, dunkler Fleck in der hellen Haut, gewöhnlich ein schwarzer oder rother **Pigmentfleck**. Sogar schon bei einzelligen Protisten scheinen oft solche dunkle Farbstoff-Fleckchen die Lichtempfindung zu vermitteln. Einzelne Farbstoff-Zellen oder Haufen solcher Pigmentzellen bilden den Anfang zu einem einfachsten Auge bei vielen Pflanzenthieren und Würmern. Wenn sich in der hellen Haut derselben an einzelnen Stellen Farbstoff oder Pigment ablagert, so müssen diese dunkeln Flecke die Temperatur-Veränderungen des umgebenden Wassers oder der Luft stärker empfinden, als die benachbarten helleren Hauttheile. Denn bekanntlich werden die Licht- und Wärme-Strahlen von dunkeln Körpern verschluckt oder absorbirt, von hellen zurückgeworfen oder reflectirt. Ein schwarzer Stein wird im Sonnenschein viel rascher heiss als ein weisser. Mit der Bildung dunkler Flecken in der Haut ist daher schon der erste Anfang zu einem Auge gemacht, aber freilich nur zu einem Wärmeauge oder Lichtauge, das Warm und Kalt, Hell und Dunkel besser unterscheidet, als die umgebende übrige Haut. Die gewöhnlichen Hautnerven, welche an jene dunkeln Farbstoffzellen oder Pigmentzellen der Haut herangehen, haben bereits die erste Stufe der glänzenden Laufbahn betreten, auf der sie sich zum höchsten Sinnesnerven, zum Sehnerven entwickeln.

Aber von einem wirklichen Auge verlangen wir doch mehr, als die blosse Unterscheidung von Hell und Dunkel. Das wahre Auge entwirft ja ein Bild von den Gegenständen der umgebenden Aussenwelt; und die innere Augenfläche, auf welcher dieses Bild wie auf der sensitiven Platte eines photographischen Apparates oder einer Zauberlaterne entworfen wird, ist die Ausbreitung des Sehnerven, die sogenannte Netzhaut (oder Retina). Ein solches Bild kann aber auf dieser empfindenden Nervenfläche erst dann zu Stande kommen, wenn ein lichtbrechender Körper, eine Linse, vorhanden ist. Diese gewölbte **Linse**, einem Brillenglase oder einem einfachen Vergrösserungsglase ähnlich, sammelt die Lichtstrahlen, die von den äusseren Gegen-

ständen kommen und entwirft auf der Netzhaut ein verkleinertes Bild davon, welches von den Sehzellen empfunden und von dem Sehnerven zum Gehirn fortgeleitet wird. Mit der Bildung einer durchsichtigen, lichtbrechenden Linse, der Krystalllinse, geschieht daher der grosse Fortschritt von einem blossen Lichtauge zu einem wirklichen Bildauge. Dieser bedeutungsvolle Fortschritt vollzieht sich bei niederen Thieren, insbesondere bei Würmern und Pflanzenthieren, in sehr verschiedener Weise. Bald ist es eine einzige, stark angeschwollene, kugelige oder linsenförmige, gewölbte Hautzelle, die sich zur Krystalllinse entwickelt, bald eine Gruppe von vereinigten Hautzellen, bald nur eine erhärtete Ausscheidung der Haut (wie die Chitinlinse der Gliederthiere).

Jetzt sind bereits alle Bausteine für den Aufbau des viel verwickelteren Auges der höheren Thiere und des Menschen gegeben, nämlich: 1) eine lichtbrechende, in der Haut gelegene Linse; 2) der Sehnerv, der sich an der inneren Fläche der Linse als Retina ausbreitet; und 3) eine Pigmenthaut oder Farbenhaut, eine Schicht von dunkeln Hautzellen, welche die Netzhaut und somit die Linse umgeben. Die Krystalllinse bricht die Lichtstrahlen und sammelt sie zu Bildern; die Pigmenthaut verschluckt oder absorbirt dieselben, und die Sehzellen der Netzhaut setzen sie in Empfindung um, welche durch den Sehnerven zum Central-Apparat des Gehirns geleitet wird. Alle diese wesentlichen Theile eines einfachen Auges sind ursprünglich Bildungen der äusseren Haut; das beweist die vergleichende Anatomie in Verbindung mit der Keimesgeschichte. Wir ziehen daraus für die Stammesgeschichte der Thiere den hochwichtigen Schluss, dass auch die langsame und allmähliche geschichtliche Entwickelung der Sehwerkzeuge im Laufe vieler Millionen Jahre denselben Weg gegangen ist, und dass überall das Auge ursprünglich aus Zellen der Hautdecke sich entwickelt hat.

Freilich ist nun noch ein weiter Weg von diesem einfachen Auge der niederen Thiere mit seinen drei wesentlichen Bestandtheilen, bis zu dem viel vollkommneren Auge der höheren Thiere, das aus mehr als dreissig verschiedenen Organ-Theilen zusammengesetzt sein kann. So interessant es auch ist, diesen langen Stufengang aufsteigender Entwickelung Schritt für Schritt zu verfolgen, so können wir doch hier wegen der schwierigen

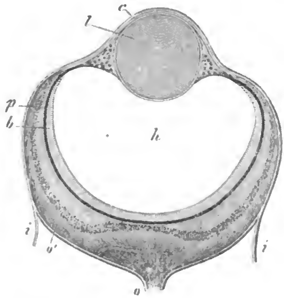
Verwickelung der feineren anatomischen und genetischen Verhältnisse nicht näher darauf eingehen. Der wundervolle Bau des Auges in den verschiedenen Thier-Klassen ist viel mannigfaltiger und vollkommener als der des Ohres. Und wie der Gesichtssinn hoch über den Gehörsinn sich erhebt, wie die bildende Kunst hoch erhaben über der Tonkunst steht, so ist auch der Bau und die Entwickelung des Auges ungleich interessanter und merkwürdiger, als diejenige des Ohres, aber freilich auch ebenso viel schwieriger. Wir müssen uns daher schliesslich hier mit einigen kurzen Andeutungen über die weitere geschichtliche Entwickelung des Seh-Organs begnügen.

Zunächst verbessert die natürliche Züchtung bei der weiteren Ausbildung des Auges den lichtbrechenden Apparat, indem sie an die Stelle einer einfachen Linse eine sehr verwickelte Combination von verschieden lichtbrechenden Körpern setzt, von denen die wichtigsten eine harte geschichtete Linse und ein weicher, halbflüssiger Glaskörper sind (Fig. 26, *l*, *h*). Dadurch werden die optischen Fehler der einfachen Linse vermieden. Sodann tritt an die Stelle einer einfachen Farbenhaut eine verschiedenartige, aus mehreren Schichten zusammengesetzte Aderhaut oder Choroidea, mit reflektirenden Tapeten, Sichelfortsätzen, Kämmen u. s. w. Endlich und vor Allen wird der nervöse Apparat des Auges ausserordentlich vervollkommnet. An die Stelle einer einfachen Nerven-Ausbreitung tritt eine sehr verwickelte Netzhaut-Bildung, welche aus vielen verschiedenen Schichten zusammengesetzt ist.

Besonders lehrreich für diese historische Entwickelung des Auges ist die grosse Gruppe der Würmer, weil wir hier eine vollständige Stufenleiter der Ausbildung desselben verfolgen können. Bei den niedersten Würmern wird das Auge bloss durch einzelne Farbstoffzellen oder Pigmentzellen vertreten. Bei anderen gesellen sich dazu lichtbrechende Zellen, die eine einfachste Linse bilden. Hinter diesen Linsenzellen entwickeln sich Sehzellen, welche in einer einfachen Lage eine Netzhaut einfachster Art bilden und mit den feinsten Endfäserchen des Sehnerven in Verbindung stehen. Endlich bei den Alciopiden, hochorganisirten Ringelwürmern, die an der Oberfläche des Meeres schwimmen, hat die Anpassung an diese Lebensweise

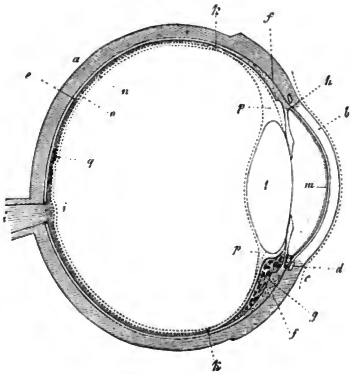
eine solche Vervollkommnung des Auges bedingt, dass es den Augen niederer Wirbelthiere Nichts nachgiebt (Fig. 26). Da finden wir einen grossen kugeligen Augapfel, der aussen eine geschichtete kugelige Linse (*l*), innen einen umfangreichen Glaskörper (*h*) umschliesst. Unmittelbar um diesen herum liegen die lichtempfindenden Stäbchen der Sehzellen (*b*), welche durch eine Schicht von Farbstoffzellen (*p*) von der äusseren Ausbreitung des Sehnerven (*o*), der Netzhaut (o_1) getrennt werden. Die äus-

Fig. 26.



Auge eines Ringelwurmes (Alciope). *l* Linse. *h* Glaskörper. *b* Stäbchenzellenschicht. *p* Pigmentschicht (Pigmentosa). *o* Sehnerv. o_1 Ausbreitung desselben. *i* Hautdecke, welche vorn über dem Auge eine Hornhaut bildet (Cornea, *c*).

Fig. 27.

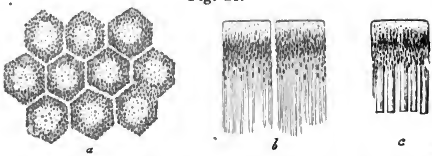


Auge des Menschen im Querschnitt. *a* Schutzhaut (Sclera). *b* Hornhaut (Cornea). *c* Oberhaut (Conjunctiva). *d* Ringvene der Iris. *e* Aderhaut (Choroidea). *f* Ciliar-Muskel. *g* Faltenkranz (Corona ciliaris). *h* Regenbogenhaut (Iris). *i* Sehnerv. *k* Vorderer Grenzrand der Netzhaut. *l* Krystalllinse. *m* Wasserhaut (Membrana Descemeti). *n* Pigmenthaut (Pigmentosa). *o* Netzhaut. *p* Petits-Canal. *q* Gelber Fleck der Netzhaut.

sere Hautdecke (*i*) umhüllt den ganzen, frei vorragenden Augapfel und bildet über demselben eine durchsichtige Hornhaut oder Cornea (*c*).

Vergleichen wir das hoch entwickelte Auge dieses Wurmes mit demjenigen des Menschen (Fig. 27) oder eines anderen höheren Wirbelthieres, so finden wir in allen wesentlichen Stücken eine übereinstimmende Anordnung der Theile. Nur ist die Hornhaut (*b*) hier stärker vorgewölbt, die Linse (*l*) dagegen flacher gewölbt. Eine blutgefässreiche Aderhaut (Choroidea) (*e*) liegt innen an der starken äusseren Schutzhaut (*a*) und setzt sich vorn in die gefärbte Regenbogenhaut oder Iris (*h*) fort, welche das Sehloch oder die Pupille umgiebt. Zwischen der Aderhaut (*e*) und der Netzhaut (*o*) liegt eine einfache Schicht von sehr regelmässig sechseckigen Pigmentzellen, welche mit schwarzem Farbstoff gefüllt sind (Fig. 28 *a*).

Fig. 28.



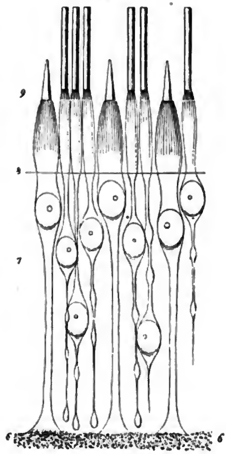
Die Pigmenthaut (Pigmentosa). *a* Zehn Zellen von der Fläche, *b* zwei dergl. von der Seite, *c* eine dergl. mit anhängenden Stäbchen.

Diese „schwarze Tapete“ oder Pigmenthaut (Pigmentosa) gehört sowohl ihrem Ursprung, wie ihrer optischen Bedeutung nach zur Netzhaut.

Der wichtigste und merkwürdigste Theil des Auges ist beim Menschen wie bei den übrigen Thieren die sogenannte Netzhaut oder Retina, eine sehr zarte und dünne Haut, welche wesentlich durch die Sehzellen gebildet wird. Diese „Sehzellen“ hängen mit den feinsten Endfäserchen des Sehnerven zusammen und sind, gleich den meisten anderen Sinneszellen, schlanke, stäbchenförmige Zellen. Bei den niederen Thieren sind diese optischen Stäbchenzellen von einfacher und gleichartiger Beschaffenheit. Bei den höheren Thieren hingegen sondern sie sich in zwei verschiedenartige Bildungen, die als Stäbchen und Zapfen bezeichnet werden. (Fig. 29.)

Die Stäbchenzellen sind länger und dünner, die Zapfenzellen kürzer und dicker. Die Stäbchenzellen, welche aussen ein dünnes cylindrisches Stäbchen tragen, scheinen bloss die Formen der Bilder, dagegen die Zapfenzellen, welche einen spitzen konischen Zapfen tragen, die Farben derselben zur Empfindung zu bringen. Daher werden die niederen Thiere, deren Sehnerven-Fasern sämmtlich in Stäbchenzellen endigen, bloss farblose Bilder sehen und Farben überhaupt nicht kennen. Nur jene höheren Thiere, die zwischen den Stäbchenzellen auch noch Zapfenzellen besitzen, scheinen Farben unterscheiden zu können. Bei Fledermäusen und anderen nächtlichen Thieren finden wir nur wenige oder gar keine Zapfen in der Retina. Um so zahlreicher und entwickelter sind die Zapfen bei den Eidechsen und Vögeln, die den Sonnenschein lieben und offenbar einen sehr entwickelten Farbensinn besitzen.

Fig. 29.

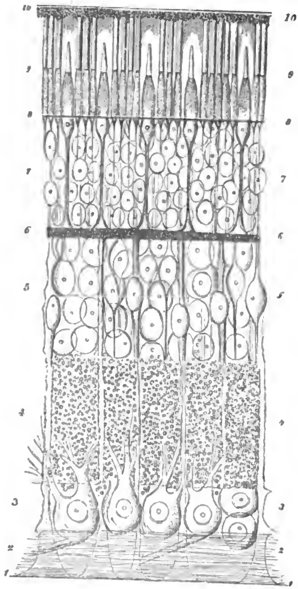


Neun Sehzellen vom Menschen (vom Hintergrunde der Netzhaut); drei kürzere und dickere Zapfenzellen stehen zwischen sechs längeren und dünneren Stäbchenzellen.

Beim Menschen, wie bei den anderen höheren Wirbelthieren, können wir nicht weniger als zehn verschiedene Schichten in der Retina unterscheiden (Fig. 30).

Zu äusserst liegt die Schicht der schwarzen Pigmentzellen (Pigmentosa, 10), unmittelbar darunter die Schicht der Sehzellen mit ihren Stäbchen und Zapfen (7—9). Diese ist durch eine dünne Zwischenkörnerschicht (6) von einer dicken Lage Körnerzellen (5) getrennt und diese wieder durch eine sehr dicke granulirte Schicht (4) von einer Lage grosser Ganglienzellen (3), die unmittelbar mit den Fasern des Sehnerven (2) in Zusammenhang stehen. Die Complication im Bau und in der Anord-

Fig. 30.



Senkrechter Durchschnitt durch ein Stückchen Netzhaut des Menschen. 1. Innere Grenzhaut. 2. Sehnervenfasern. 3. Ganglienzellen. 4. Innere, granulirte Schicht. 5. Innere Körnerzellenschicht. 6. Aeussere Zwischenkörnerschicht. 7. Sehzellen. 8. Aeussere Grenzhaut. 9. Stäbchen und Zapfen der Sehzellen. 10. Innere Grenzhaut. Sehr stark vergrössert.

nung dieser Retina-Elemente entspricht den optischen Entwickelungsstufen des Auges, so dass also bei geübten Malern dieselbe weit vollkommener sein wird, als beim rohen Naturmenschen.

Zu diesen wichtigsten optischen Theilen des Auges gesellen sich nun beim Menschen, wie bei allen höheren Thieren, noch zahlreiche Hülfsapparate, welche den älteren, niederen Thieren fehlen; so namentlich innere Augenmuskeln, welche die Form des Auges verändern und die Linse auf verschiedene Entfernung einstellen; äussere Augenmuskeln, welche den Augapfel nach verschiedenen Richtungen hin bewegen. Um den ganzen Augapfel herum bildet sich eine feste äussere Schutzhaut (Sclera), in welcher oft sogar (z. B. bei den Vögeln) ein Ring von Knochenplatten entsteht. Vorn geht die Sclera in eine durchsichtige Hornhaut (Cornea) über. Die Thränen-Organe, welche die äussere Oberfläche des Augapfels glatt und rein erhalten, entwickeln sich nur bei den drei höheren Wirbelthier-Klassen, Reptilien, Vögeln und Säugethieren. Dagegen kommen die Augenlieder, welche als schützende und reinigende Vorhänge über die äussere Augen-

fläche vorgezogen werden, schon bei den Fischen vor, und haben sich von diesen auf die höheren Wirbelthiere vererbt.

Nicht minder interessant als diese vielfältigen Fortschritte sind aber auch die Rückschritte, welche sich in der Augenbildung vieler Thierklassen vorfinden. Tief im Innern des Kopfes, von dicker Haut und Muskeln überzogen, finden wir bei einzelnen Thieren verschiedener Klassen wirkliche Augen, welche nicht sehen. Unter den Wirbelthieren giebt es blinde Maulwürfe und Wühlmäuse, blinde Schlangen und Eidechsen, blinde Amphibien und Fische. Unter den Gliederthieren kennen wir zahlreiche blinde Käfer und Krebse. Alle diese blinden Thiere haben sich an das Leben im Dunkeln gewöhnt; sie meiden das Tageslicht und wohnen in Höhlen oder Gängen unter der Erde. Dabei haben sie sich das Sehen abgewöhnt, und durch den Nichtgebrauch der Organe ist das Organ selbst verkümmert. Alle die genannten Höhlenthiere sind nicht ursprünglich blind, sondern stammen von Vorfahren ab, die im Lichte lebten und wohlentwickelte Augen besassen. Das verkümmerte Auge unter dem undurchsichtigen Felle ist bei diesen blinden Thieren auf allen Stufen der Rückbildung zu finden. Unter den höheren Krebsen, deren Augen auf langen, frei beweglichen Stielen sitzen, giebt es einige blinde Höhlenbewohner (nahe Vettern unseres Flusskrebses), bei denen das Auge selbst verschwunden, aber der Augenstiel noch vorhanden ist. Wie Darwin treffend bemerkt, ist hier das Gestell des Fernrohres übrig geblieben, das Fernrohr selbst verloren gegangen.

Solche rudimentäre Augen, welche nicht sehen, wie überhaupt viele Thatsachen aus der Entwickelungsgeschichte der Sinneswerkzeuge, beweisen auf das Klarste, dass auch die vollkommensten Sinnesorgane nicht das künstliche Produkt eines vorbedachten Schöpfungsplanes, sondern dass sie gleich allen anderen Organen des Thierkörpers das unbewusste Erzeugniss der natürlichen Züchtung im „Kampf ums Dasein“ sind. Ganz besonders überzeugend spricht für diese mechanische oder monistische Theorie der Sinnesentwickelung auch die Thatsache, dass sich gelegentlich bei verschiedenen Thieren Augen an solchen Körperstellen entwickeln, die sonst niemals Augen tragen. So haben z. B. die höheren Weich-

thiere, die Tintenfische und Schnecken, immer nur ein paar Augen am Kopfe, gleich den Wirbelthieren. Aber bei einigen Schnecken, den Onchidien, entwickeln sich ausserdem noch Augen in grosser Zahl auf dem Rücken, und was das Merkwürdigste ist, der Bau dieser Rückenaugen gleicht nicht demjenigen der Kopfaugen der Schnecken, sondern demjenigen der Wirbelthieraugen! Die echten Muschelthiere haben ihren Kopf und somit auch ihre beiden Kopfaugen verloren. Zum Ersatze dafür haben sich bei einzelnen Muscheln (Pecten) zahlreiche schöne, grüne Augen am Mantelrande entwickelt, d. h. am Aussenrande einer grossen Hautfalte des Rückens, die den Körper wie ein Mantel umgiebt. Bei den höheren Würmern finden wir gewöhnlich nur ein paar Augen am Kopfe. Aber einzelne Ringelwürmer (Fabricia) haben ausserdem noch ein paar Augen hinten am Schwanze, und andere (Polyophthalmus) besitzen an jedem Gliede ein paar Augen. Diese und viele ähnliche Thatsachen bezeugen auf das Klarste, dass auch die Augen, gleich den anderen Organen des Thierkörpers, durch Anpassung an die äusseren Lebensbedingungen sich selbst gebildet haben.

Die bewunderungswürdige Macht, welche die Anpassung auch auf die fortschreitende Vervollkommnung des höchsten Sinnesorganes beständig ausübt, lässt sich selbst innerhalb der kürzern Zeitspanne der menschlichen Culturgeschichte bis auf den heutigen Tag im Einzelnen verfolgen. Insbesondere erscheint der höhere Farbensinn heute bei uns ungleich mehr entwickelt, als er bei unseren Vorfahren vor Jahrtausenden bestand. Sind doch sogar viele Forscher jetzt zu der Ansicht gelangt, dass die Menschheit vor zweitausend Jahren nur die niederen Farben des Spektrums, roth, orange und gelb unterschied, während die höheren Töne, grüne, blaue und violette Farbe, ihr noch unbekannt waren. Für die Begründung dieser Annahme sind viele gewichtige Beweise aus den Kunstwerken und Schriftdenkmälern des Alterthums angeführt worden, aber freilich sprechen auch viele andere Beweise dagegen. Der darauf bezügliche Streit, an welchem sich namentlich der englische Minister Gladstone, der Breslauer Ophthalmolog Magnus, ferner Dr. E. Krause u. A. betheiligt haben, dauert auch heute noch fort. Wenn wir bedenken, wie ungemein verschieden der

Farbensinn selbst heute noch unter den Culturvölkern und einzelnen Personen entwickelt ist, wie weit die Farbenblindheit, der Daltonismus, in verschiedenen Graden verbreitet ist, dann werden wir das wenigstens sicher behaupten dürfen, dass der hoch entwickelte Farbensinn der Gegenwart erst ein spätes Erzeugniss der Culturentwickelung ist. Ganz besonders spricht dafür die späte Entwickelung der Landschaftsmalerei, die erst in unserem Jahrhundert zu einer früher nicht geahnten Vollendung gediehen ist. Wir empfinden die feineren Farbenschönheiten der Natur ungleich schärfer als unsere Vorfahren im Mittelalter. Die feineren Zapfenformen der Netzhaut, welche höheren Farbensinn vermitteln, haben sich daher wahrscheinlich erst im Laufe der letzten Jahrtausende allmählich entwickelt. Sehen wir doch noch heute bei den zurückgebliebenen Wilden eine Rohheit des Farbensinnes (ebenso wie des Tonsinnes) die den gebildeten Schönheitssinn erschreckt. Aber auch die Kinder lieben die schreiende Zusammenstellung greller Farben ebenso wie die Wilden, und die Empfänglichkeit für die Harmonie zarter Farbentöne ist erst das Product ästhetischer Erziehung!

Auch hier beim Auge, wie beim Ohr, ist es die Erziehung und Ausbildung, die Uebung und Gewöhnung, mit einem Worte die Anpassung, welche das Sinnesorgan und seine ästhetische Leistung allmählich so hoch emporgehoben hat; und durch Vererbung wird nun dieser steigende Erwerb von Generation zu Generation übertragen. Angesichts der erstaunlichen Fortschritte, die unser Farbensinn und Tonsinn bereits in historischer Zeit gemacht haben, dürfen wir hoffen, dieselben durch weitere sorgfältige Ausbildung und Erziehung noch auf eine weit höhere Stufe der Vollendung emporzuheben. Und wenn wir bedenken, dass die edle Kunst, dieser herrlichste Besitz der Menschheit, in erster Linie von der Ausbildung jener beiden ästhetischen Sinneswerkzeuge abhängt, so dürfen wir hoffen, durch die fortschreitende Vervollkommnung des Ohres und Auges auch die Tonkunst und die bildende Kunst in ferneren Jahrtausenden noch sehr wesentlich zu vervollkommnen. So eröffnet uns die heutige Entwickelungslehre auch in ihrer Anwendung auf die geschichtliche Entwickelung der Sinneswerkzeuge den erfreulichsten Fernblick in eine vollkommnere Zukunft!

Nachschrift: Der vorstehende Vortrag über „Ursprung und Entwickelung der Sinneswerkzeuge", den ich am 25. März 1878 im „Wissenschaftlichen Club" zu Wien gehalten habe, beansprucht keineswegs eine umfassende Uebersicht über alle die verschiedenen Seiten dieses grossen, interessanten Erscheinungsgebietes zu geben. Vielmehr war sein Hauptzweck, einen klaren Einblick in die morphologische Seite desselben zu liefern und den gemeinsamen Ursprung aller Sinneswerkzeuge aus der äusseren Haut des Thierkörpers, die Abstammung aller Sinneszellen von Hautzellen nachzuweisen. Die physiologische Seite des Gebietes wurde nur flüchtig berührt. Als Ergänzung dienen für die Leser dieser Blätter die im ersten Bande des „Kosmos" veröffentlichten trefflichen Aufsätze von Gustav Jaeger über die Organanfänge (I. Sehorgan. II. Hörorgan, S. 94, 201, sowie über „Farben und Farbensinn" (S. 486); ferner von H. Magnus und Ernst Krause über „die geschichtliche Entwickelung des Farbensinnes" (S. 264, 423).

Universitäts-Buchdruckerei von Carl Georgi in Bonn.